



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

**UIT-T**

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

**X.144**

(10/2000)

SERIE X: REDES DE DATOS Y COMUNICACIÓN  
ENTRE SISTEMAS ABIERTOS

Redes públicas de datos – Aspectos de redes

---

**Parámetros de calidad de funcionamiento de la  
transferencia de información de usuario para  
redes de datos que prestan el servicio  
internacional de circuito virtual permanente con  
retransmisión de tramas**

Recomendación UIT-T X.144

(Anteriormente Recomendación del CCITT)

---

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE X  
REDES DE DATOS Y COMUNICACIÓN ENTRE SISTEMAS ABIERTOS

<b>REDES PÚBLICAS DE DATOS</b>	
Servicios y facilidades	X.1–X.19
Interfaces	X.20–X.49
Transmisión, señalización y conmutación	X.50–X.89
<b>Aspectos de redes</b>	<b>X.90–X.149</b>
Mantenimiento	X.150–X.179
Disposiciones administrativas	X.180–X.199
<b>INTERCONEXIÓN DE SISTEMAS ABIERTOS</b>	
Modelo y notación	X.200–X.209
Definiciones de los servicios	X.210–X.219
Especificaciones de los protocolos en modo conexión	X.220–X.229
Especificaciones de los protocolos en modo sin conexión	X.230–X.239
Formularios para declaraciones de conformidad de implementación de protocolo	X.240–X.259
Identificación de protocolos	X.260–X.269
Protocolos de seguridad	X.270–X.279
Objetos gestionados de capa	X.280–X.289
Pruebas de conformidad	X.290–X.299
<b>INTERFUNCIONAMIENTO ENTRE REDES</b>	
Generalidades	X.300–X.349
Sistemas de transmisión de datos por satélite	X.350–X.369
Redes basadas en el protocolo Internet	X.370–X.399
<b>SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE MENSAJES</b>	<b>X.400–X.499</b>
<b>DIRECTORIO</b>	<b>X.500–X.599</b>
<b>GESTIÓN DE REDES DE INTERCONEXIÓN DE SISTEMAS ABIERTOS Y ASPECTOS DE SISTEMAS</b>	
Gestión de redes	X.600–X.629
Eficacia	X.630–X.639
Calidad de servicio	X.640–X.649
Denominación, direccionamiento y registro	X.650–X.679
Notación de sintaxis abstracta uno	X.680–X.699
<b>GESTIÓN DE INTERCONEXIÓN DE SISTEMAS ABIERTOS</b>	
Marco y arquitectura de la gestión de sistemas	X.700–X.709
Servicio y protocolo de comunicación de gestión	X.710–X.719
Estructura de la información de gestión	X.720–X.729
Funciones de gestión y funciones de arquitectura de gestión distribuida abierta	X.730–X.799
<b>SEGURIDAD</b>	<b>X.800–X.849</b>
<b>APLICACIONES DE INTERCONEXIÓN DE SISTEMAS ABIERTOS</b>	
Compromiso, concurrencia y recuperación	X.850–X.859
Procesamiento de transacciones	X.860–X.879
Operaciones a distancia	X.880–X.899
<b>PROCESAMIENTO DISTRIBUIDO ABIERTO</b>	<b>X.900–X.999</b>

Para más información, véase la Lista de Recomendaciones del UIT-T.

## **Recomendación UIT-T X.144**

### **Parámetros de calidad de funcionamiento de la transferencia de información de usuario para redes de datos que prestan el servicio internacional de circuito virtual permanente con retransmisión de tramas**

#### **Resumen**

Esta Recomendación define los parámetros de velocidad, exactitud, seguridad de funcionamiento y disponibilidad que se pueden utilizar al especificar y evaluar la calidad de funcionamiento de la transferencia de información de usuario de los servicios de comunicación de datos con retransmisión de tramas.

#### **Orígenes**

La Recomendación UIT-T X.144, revisada por la Comisión de Estudio 7 (1997-2000) del UIT-T, fue aprobada por la Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (Montreal, 27 de septiembre – 6 de octubre de 2000).

## PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución 1 de la AMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

## NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

## PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB.

© UIT 2001

Es propiedad. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse o utilizarse, de ninguna forma o por ningún medio, sea éste electrónico o mecánico, de fotocopia o de microfilm, sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

## ÍNDICE

### Página

1	Alcance .....	1
2	Referencias.....	4
3	Abreviaturas.....	5
4	Modelo genérico de calidad de funcionamiento .....	6
4.1	Componentes de una conexión de extremo a extremo .....	6
4.2	Eventos de referencia de transferencia de tramas .....	7
4.3	Resultados de transferencia de tramas .....	8
5	Parámetros de calidad de funcionamiento de la transferencia de tramas .....	9
5.1	Retardo de transferencia de tramas de información de usuario .....	13
5.2	Fluctuación de fase del retardo de tramas de información de usuario.....	13
5.3	Tasa de pérdida de tramas de información de usuario.....	13
	5.3.1 FLR <sub>c</sub> .....	14
	5.3.2 FLR <sub>e</sub> .....	14
5.4	Tasa de errores de trama residuales .....	16
5.5	Velocidad de tramas extra.....	16
5.6	Tasa de distorsión de tráfico conforme para tramas .....	16
5.7	Parámetros relacionados con el flujo de tramas.....	17
6	Disponibilidad de circuito virtual permanente (PVC).....	18
6.1	Función disponibilidad PVC.....	18
6.2	Parámetros de disponibilidad PVC.....	20
	6.2.1 Definición de disponibilidad del servicio PVC.....	20
	6.2.2 Definición de tiempo medio entre interrupciones del servicio PVC.....	20
	6.2.3 Parámetros conexos .....	21
	Anexo A – Prueba de conformidad para la evaluación de la calidad de funcionamiento .....	22
A.1	Motivación.....	22
A.2	Uso normalizado limitado.....	22
A.3	Definición del DDB.....	22
A.4	Utilización del DDB al evaluar la FCTDR.....	23
	Anexo B – Parámetros de exactitud y de seguridad de funcionamiento para bits.....	25
B.1	Tasa de pérdida de bits de información de usuario.....	25
B.2	Tasa de errores de bit residuales .....	25

Anexo C – Algunas relaciones entre los parámetros de calidad de funcionamiento a nivel de trama y a nivel del modo de transferencia asíncrono .....	27
C.1 Alcance .....	27
C.2 Motivos para relacionar los parámetros de calidad de funcionamiento a nivel de trama y a nivel ATM.....	27
C.3 Parámetros de retransmisión de tramas considerados.....	28
C.4 Relación entre los parámetros de pérdida de información de usuario para retransmisión de tramas y ATM .....	29
C.4.1 Deficiencias de tipo ráfaga .....	30
C.4.2 Errores de un solo bit.....	31
C.4.3 Pérdidas de células.....	31
C.4.4 Inserción incorrecta de células .....	32
C.4.5 Fallos de tratamiento a nivel de trama.....	32
Apéndice I – Estimación por muestreo de los parámetros de disponibilidad PVC .....	32
I.1 Prueba mínima para determinar la disponibilidad del servicio PVC.....	32
I.2 Procedimientos para estimar la disponibilidad del servicio PVC.....	33
I.3 Procedimientos para estimar el tiempo medio entre interrupciones del servicio PVC.....	33
Apéndice II – Notificación de congestión .....	35
II.1 Efectos de FECN, BECN y CLLM sobre la calidad de funcionamiento.....	35
II.2 Control de los efectos sobre la calidad de funcionamiento .....	35
Apéndice III – Efectos de la demanda excesiva de recursos de conexión sobre la calidad de funcionamiento.....	35
III.1 Aparición de ráfagas simultáneas imprevistas en la línea de acceso .....	36
III.2 Plena utilización de las líneas de acceso sobreabonadas .....	36
Apéndice IV – Método de estimación de la FLR: Extracción de la FLR.....	36
IV.1 Limitaciones de la metodología de extracción de la FLR .....	36
IV.2 Metodología de extracción de la FLR.....	36

## Recomendación UIT-T X.144

### Parámetros de calidad de funcionamiento de la transferencia de información de usuario para redes de datos que prestan el servicio internacional de circuito virtual permanente con retransmisión de tramas

#### 1 Alcance

Esta Recomendación define los parámetros de velocidad, exactitud, seguridad de funcionamiento y disponibilidad que pueden utilizarse al especificar y evaluar la calidad de funcionamiento de la transferencia de información de usuario de los sistemas públicos de comunicación de datos con retransmisión de tramas. Los parámetros definidos se aplican a las conexiones<sup>1</sup> con retransmisión de tramas punto a punto de extremo a extremo y a porciones especificadas de dichas conexiones cuando se proveen de acuerdo con las Recomendaciones especificadas en la cláusula 2.

Los parámetros de calidad de funcionamiento definidos en esta Recomendación han de ser utilizados en la planificación de los servicios internacionales con retransmisión de tramas. Los usuarios a los que va destinada esta Recomendación son los proveedores de servicios con retransmisión de tramas, los fabricantes de equipos y los usuarios finales. Esta Recomendación pueden utilizarla:

- 1) los proveedores de servicios en la planificación, desarrollo y evaluación de los servicios de retransmisión de tramas que satisfacen las necesidades de calidad de funcionamiento de los usuarios;
- 2) los fabricantes de equipos, como medida de la calidad de funcionamiento que afectará al diseño del equipo; y
- 3) los usuarios, al evaluar la calidad de funcionamiento.

El alcance de esta Recomendación se resume en la figura 1. Los parámetros de calidad de retransmisión de tramas se definen con arreglo a los eventos de referencia de transferencia de tramas que pueden observarse en las interfaces físicas asociadas con fronteras especificadas. Para que sea más comparable y completa, la calidad de retransmisión de tramas se considera en el contexto de la matriz de calidad de funcionamiento  $3 \times 3$  definida en UIT-T X.140. En la matriz se identifican tres funciones de comunicación de datos independientes del protocolo: acceso, transferencia de información de usuario y desocupación. Cada función se considera con relación a tres aspectos de calidad de funcionamiento general (o "criterios de calidad de funcionamiento"):

- velocidad;
- exactitud; y
- seguridad de funcionamiento.

Un modelo de dos estados asociado ofrece una base para describir la disponibilidad del servicio de circuito virtual permanente (PVC, *permanent virtual circuit*).

---

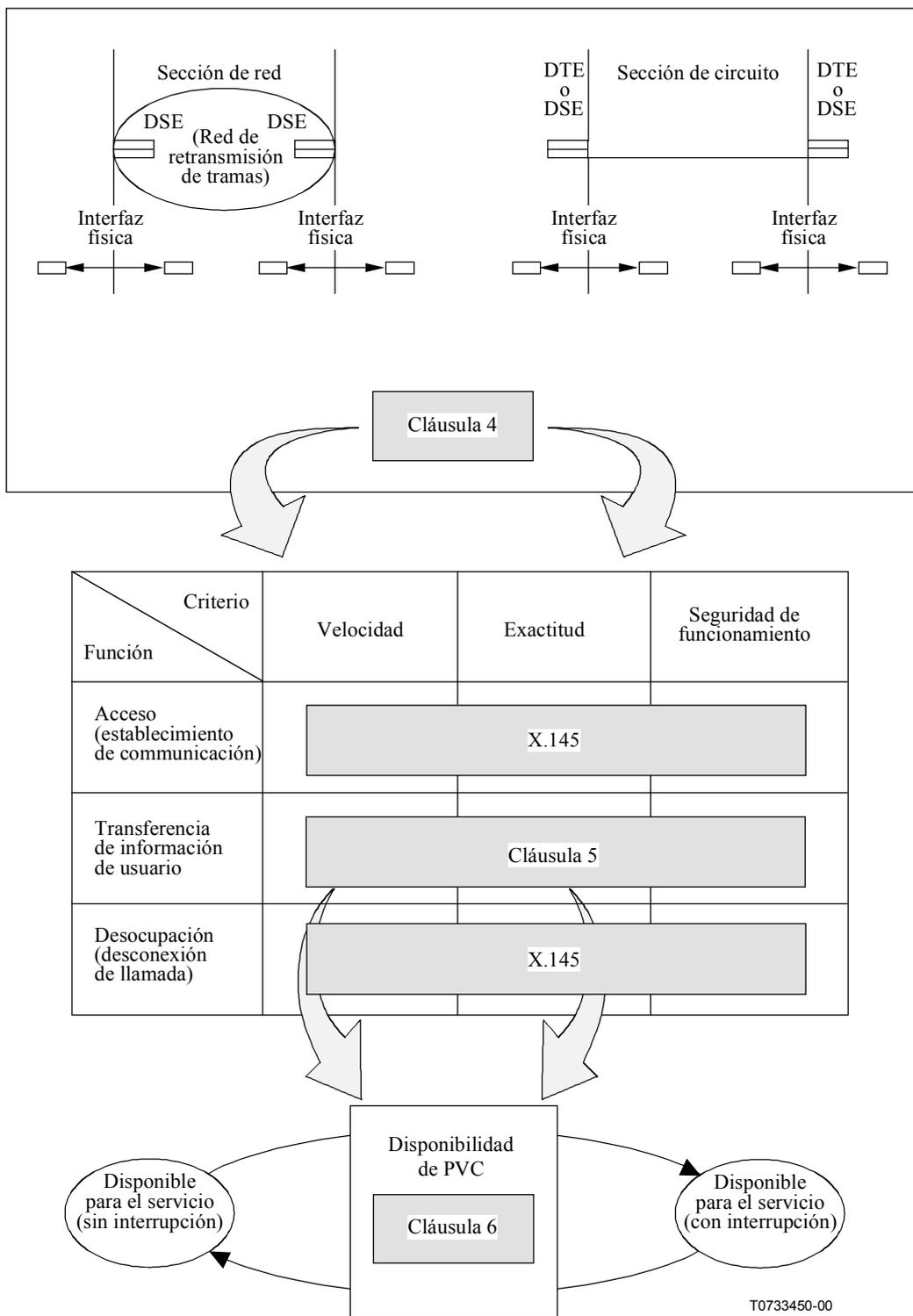
<sup>1</sup> En el contexto de esta Recomendación, una conexión con retransmisión de tramas (en adelante designada, a menos que se indique otra cosa, por el término *conexión*) designa una conexión virtual establecida entre dos puntos extremos especificados.

Los parámetros de calidad de funcionamiento definidos en esta Recomendación describen la velocidad, exactitud, seguridad de funcionamiento y disponibilidad de la transferencia de información de usuario proporcionada por las redes con retransmisión de tramas. Otras Recomendaciones en proyecto proporcionarán métodos normalizados para medir los parámetros de calidad de transferencia de tramas y objetivos de diseño específicos para los parámetros X.144. La calidad de funcionamiento de las funciones de acceso y de desocupación con retransmisión de tramas, así como la característica de disponibilidad de los servicios con retransmisión de tramas de circuitos virtuales permanentes (SVC, *switched virtual circuit*), se tratarán en UIT-T X.145.

NOTA 1 – Los parámetros definidos en esta Recomendación pueden ser aumentados o modificados de resultas de estudios posteriores sobre la necesidad de que las redes soporten la retransmisión de tramas.

NOTA 2 – Los parámetros definidos están destinados a caracterizar las conexiones con retransmisión de tramas en el estado disponible.

NOTA 3 – Los parámetros de esta Recomendación están diseñados para medir la calidad de funcionamiento de los elementos de red entre pares de fronteras de sección. Sin embargo, los usuarios de esta Recomendación deben ser conscientes de que el comportamiento de los elementos de conexión fuera del par de fronteras puede influir negativamente en la calidad de funcionamiento medida de los elementos comprendidos entre las fronteras. Se exponen ejemplos en el apéndice III.



**Figura 1/X.144 – Alcance de UIT-T X.144**

Esta Recomendación se organiza como sigue:

- La cláusula 2 presenta las referencias.
- La cláusula 3 presenta las abreviaturas.
- La cláusula 4 define un modelo de calidad de funcionamiento y un conjunto de eventos de referencia de transferencia de tramas que proporcionan una base para la definición de los parámetros de calidad de funcionamiento.
- La cláusula 5 define parámetros de velocidad de servicio, exactitud y seguridad de funcionamiento para tramas, utilizando los eventos de referencia de transferencia de tramas definidos en la cláusula 4.
- La cláusula 6 define los parámetros de disponibilidad PVC utilizando los parámetros primarios definidos en la cláusula 5.
- El anexo A presenta una prueba para juzgar la conformidad del tráfico para fines de evaluación de la calidad de funcionamiento. El anexo B define parámetros de exactitud de seguridad de funcionamiento para bits, asociados con la transferencia de información de usuario en los servicios con retransmisión de tramas. El anexo C da algunas relaciones entre parámetros de calidad de funcionamiento a nivel de trama y a nivel de ATM. El apéndice I proporciona información sobre la estimación por muestreo de los parámetros de disponibilidad PVC. El apéndice II trata los efectos en la calidad de funcionamiento de las indicaciones de red sobre la congestión, y formula recomendaciones generales para controlar esos efectos. El apéndice III trata de los efectos sobre la calidad de funcionamiento de la excesiva demanda de recursos de conexión. El apéndice IV contiene un método de estimación de la FLR a partir de estadísticas de redes.

## 2 Referencias

Las siguientes Recomendaciones del UIT-T y otras referencias contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y otras referencias son objeto de revisiones por lo que se preconiza que los usuarios de esta Recomendación investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y otras referencias citadas a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes.

- UIT-T I.122 (1993), *Marco para los servicios portadores en modo trama.*
- UIT-T I.233, *Servicios portadores en modo trama.*
- UIT-T I.233.1 (1991), *Servicio portador RDSI con retransmisión de tramas.*
- UIT-T I.356 (2000), *Calidad de funcionamiento en la transferencia de células en la capa de modo de transferencia síncrono de la red digital de servicios integrados de banda ancha.*
- UIT-T I.363, *Especificación de la capa de adaptación del modo de transferencia síncrono de la red digital de servicios integrados de banda ancha.*
- UIT-T I.365.1 (1993), *Subcapa de convergencia específica del servicio con retransmisión de tramas.*
- UIT-T I.370 (1991), *Gestión de la congestión para el servicio portador RDSI de retransmisión de tramas.*

- UIT-T I.555 (1997), *Interfuncionamiento de los servicios portadores con retransmisión de tramas.*
- UIT-T X.36 (2000), *Interfaz entre el equipo terminal de datos y el equipo de terminación del circuito de datos para redes públicas de datos que prestan servicios de transmisión de datos con retransmisión de tramas por circuitos especializados.*
- UIT-T X.76 (2000), *Interfaz red-red entre redes públicas de datos que proporcionan el servicio de transmisión de datos con retransmisión de tramas en circuitos virtuales permanentes y/o circuitos virtuales conmutados.*
- UIT-T X.329 (2000), *Disposiciones generales para el interfuncionamiento entre redes que proporcionan servicios de transmisión de datos con retransmisión de tramas y la red digital de servicios integrados de banda ancha.*

### 3 Abreviaturas

En esta Recomendación se utilizan las siguientes siglas.

ACS	Sección de circuito de acceso ( <i>access circuit section</i> )
ANS	Sección de red de acceso ( <i>access network section</i> )
Bc	Tamaño de ráfaga concertado ( <i>committed burst size</i> )
BCTDR	Tasa de distorsión de tráfico conforme basada en bits ( <i>bit-based conformant traffic distortion ratio</i> )
Be	Exceso de tamaño de ráfaga ( <i>excess burst size</i> )
BECN	Notificación explícita de congestión hacia atrás ( <i>backward explicit congestion notification</i> )
BLR	Tasa de pérdida de bits ( <i>bit loss ratio</i> )
CIR	Velocidad de información concertada ( <i>committed information rate</i> )
CLLM	Mensaje de gestión consolidada de capa de enlace ( <i>consolidated link layer management</i> )
DE	Descartar elegible ( <i>discard eligible</i> )
DLCI	Identificador de conexión de enlace de datos ( <i>data link connection identifier</i> )
DSE	Centro de conmutación de datos ( <i>data switching exchange</i> )
DTE	Equipo terminal de datos ( <i>data terminal equipment</i> )
EFR	Velocidad de tramas extra ( <i>extra frame rate</i> )
EIR	Exceso de velocidad de información ( <i>excess information rate</i> )
FCTDR	Tasa de distorsión de tráfico conforme basada en tramas ( <i>frame-based conformant traffic distortion ratio</i> )
FDJ	Fluctuación de fase del retardo de trama ( <i>frame delay jitter</i> )
FE	Evento de referencia de capa de tramas ( <i>frame layer reference event</i> )
FECN	Notificación explícita de congestión hacia adelante ( <i>forward explicit congestion notification</i> )
FLR	Tasa de pérdida de tramas ( <i>frame loss ratio</i> )

FTD	Retardo de transferencia de tramas ( <i>frame transfer delay</i> )
ICS	Sección de circuito interredes ( <i>internetwork circuit section</i> )
MTBSO	Tiempo medio entre interrupciones de servicio ( <i>mean time between service outages</i> )
MTTSR	Tiempo medio hasta el restablecimiento del servicio ( <i>mean time to service restoral</i> )
NT	Terminación de red ( <i>network termination</i> )
PVC	Circuito virtual permanente ( <i>permanent virtual circuit</i> )
RBER	Tasa de errores de bit residuales ( <i>residual bit error ratio</i> )
RDSI	Red digital de servicios integrados
RFER	Tasa de errores de trama residuales ( <i>residual frame error ratio</i> )
SA	Disponibilidad del servicio ( <i>service availability</i> )
SVC	Circuito virtual conmutado ( <i>switched virtual circuit</i> )
TE	Equipo terminal ( <i>terminal equipment</i> )
TNS	Sección de red de tránsito ( <i>transit network section</i> )

#### **4 Modelo genérico de calidad de funcionamiento**

Esta cláusula define un modelo genérico de calidad de funcionamiento del servicio de retransmisión de tramas que comprende cuatro secciones de conexión básicas:

- la sección de circuito de acceso;
- la sección de circuito interredes;
- la sección de red de acceso; y
- la sección de red de tránsito.

Estas cuatro secciones de conexión básicas se definen en 4.1. Proporcionan un conjunto de bloques de construcción con los que puede representarse cualquier conexión de extremo a extremo. Cada uno de los parámetros de calidad de funcionamiento definidos en esta Recomendación puede aplicarse a la transferencia unidireccional de información de usuario en una sección de conexión o en un conjunto concatenado de secciones de conexión.

La cláusula 4 también especifica un conjunto de eventos de referencia de transferencia de trama que proporciona una base para la definición de parámetros de calidad de funcionamiento. Estos eventos de referencias se obtienen de las correspondientes Recomendaciones UIT-T sobre servicios y protocolos con retransmisión de tramas y concuerdan con las mismas. Los eventos de referencias se especifican en 4.2.

Esta Recomendación proporciona parámetros para cuantificar la calidad de funcionamiento en la parte superior del punto de acceso al servicio (SAP, *service access point*) de la capa enlace de datos (es decir, de trama). Las relaciones cuantitativas entre la calidad de funcionamiento de la red en la capa de trama y la calidad de funcionamiento de la capa física y la calidad de funcionamiento de las capas superiores a la capa de trama (por ejemplo, aplicaciones) quedan en estudio.

##### **4.1 Componentes de una conexión de extremo a extremo**

En el contexto de esta Recomendación, una conexión de extremo a extremo se compone de las secciones que se definen a continuación. Los términos definidos se muestran en la figura 2.

**4.1.1 sección de circuito:** Sección de circuito de acceso o sección de circuito interredes.

**4.1.1.1 sección de circuito de acceso (ACS, *access circuit section*):** Circuito físico o conjunto de circuitos que conecta un equipo terminal de datos (DTE)<sup>2</sup> a la central de conmutación de datos (DSE) (local). No incluye partes algunas del DTE o DSE.

**4.1.1.2 sección de circuito interredes (ICS, *internetwork circuit section*):** Circuito físico o conjunto de circuitos que conecta una DSE de una red con una DSE de una red diferente. No incluye partes algunas de una u otra DSE.

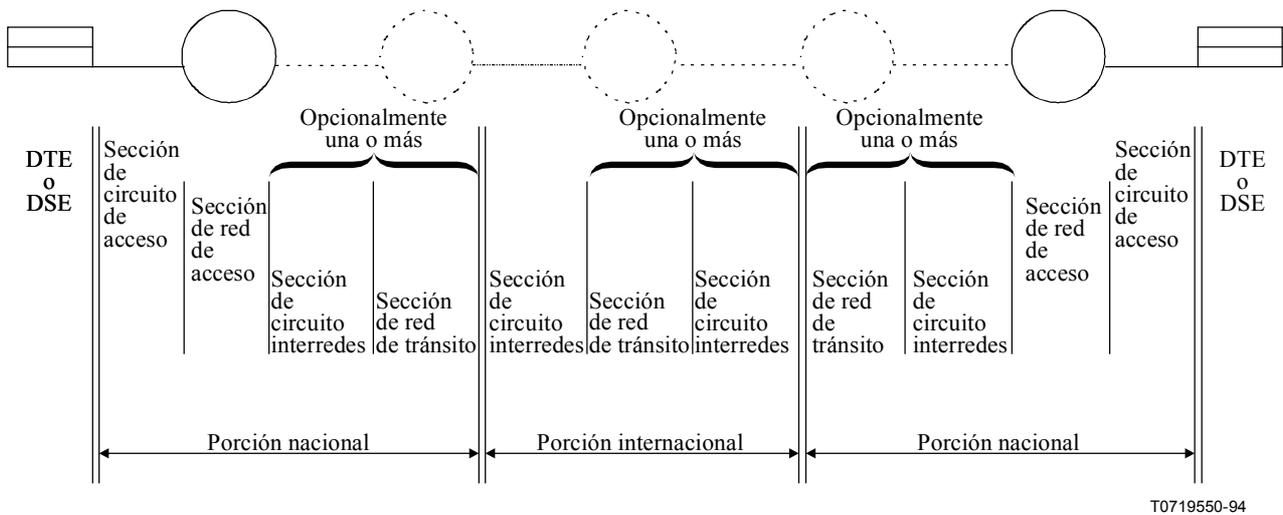
**4.1.2 sección de red:** Componentes de red que proporcionan la conexión entre dos secciones de circuito. Una sección de red puede ser una sección de red de acceso o una sección de red de tránsito.

**4.1.2.1 sección de red de acceso (ANS, *access network section*):** Sección de red conectada a una sección de circuito de acceso (por lo menos).

**4.1.2.2 sección de red de tránsito (TNS, *transit network section*):** Sección de red entre dos secciones de circuito interredes.

**4.1.3 sección básica de una conexión:** Término general que designa una sección de circuito de acceso, una sección de circuito interredes, una sección de red de acceso o una sección de red de tránsito.

**4.1.4 frontera de sección:** Frontera que separa una sección de red de la sección de circuito adyacente, o que separa una sección de circuito de acceso del DTE adyacente (se denomina también *frontera*).



**Figura 2/X.144 – Secciones de una conexión virtual internacional**

**4.2 Eventos de referencia de transferencia de tramas**

En el contexto de esta Recomendación, se aplican las siguientes definiciones a una conexión especificada. Los términos definidos se ilustran en la figura 3.

<sup>2</sup> En el contexto de esta Recomendación, los encaminadores se consideran DTE.

#### 4.2.1 evento de referencia de transferencia de trama: Evento que aparece cuando:

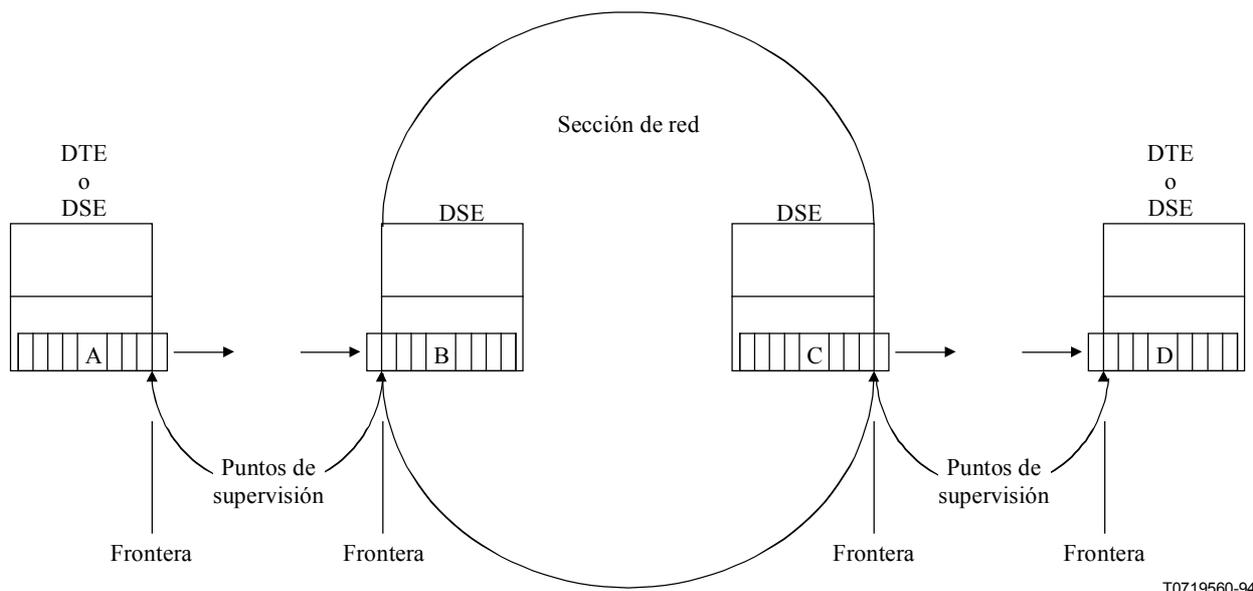
- una trama atraviesa una frontera de sección;
- la trama es identificada como una trama de información de usuario; y
- el campo DLCI indica que la trama pertenece a esta conexión.

Los eventos de referencia de transferencia de trama pueden observarse en las fronteras físicas que terminan una sección de circuito.

Se definen dos clases de eventos de referencia de transferencia de trama:

**4.2.1.1 evento de entrada de trama:** Evento de referencia de transferencia de trama que corresponde a la entrada de una trama en una sección de red (procedente de una sección de circuito) o a la entrada de una trama en un DTE (procedente de una sección de circuito de acceso). El instante de aparición de un evento de entrada de transferencia de trama se define para que coincida con el instante en el que el último bit de la bandera de cierre de la trama atraviesa la frontera hacia la sección de red o DTE.

**4.2.1.2 evento de salida de trama:** Evento de referencia de transferencia de trama que corresponde a la salida de una trama de una sección de red (con destino a una sección de circuito) o a la salida de una trama de un DTE (con destino a una sección de circuito de acceso). El instante de aparición de un evento de salida de transferencia de trama se define para que coincida con el instante en el que el primer bit del campo de dirección de la trama atraviesa la frontera al salir de la sección de red o DTE.



NOTA 1 – Eventos de salida de tramas para A y C.  
NOTA 2 – Eventos de entrada de tramas para B y D.

**Figura 3/X.144 – Ejemplos de eventos de referencia de transferencia de tramas**

### 4.3 Resultados de transferencia de tramas

En lo que sigue se supone que se preserva la secuencia de tramas en una conexión. Dos eventos en una conexión se dicen correspondientes si pueden ser relacionados con la misma trama fuente.

Considerando dos eventos de referencia de transferencia de tramas,  $FE_1$  y  $FE_2$ , en  $B_i$  y  $B_j$ ,<sup>3</sup> respectivamente, pueden definirse cuatro resultados de transferencia de tramas. Una trama transmitida es una trama *transferida con éxito*, *con errores residuales* o *perdida*. Una trama recibida para la que no existe ninguna trama transmitida correspondiente se dice que es una trama *extra*. Las tramas extra pueden producirse como resultado de errores en la dirección de una trama procedente de una conexión diferente<sup>4</sup>. La figura 4 ilustra las cuatro definiciones básicas de resultados de transferencia de tramas.

**4.3.1 resultado de transferencia de trama con éxito:** Se produce un resultado de transferencia de trama con éxito cuando un  $FE_2$  correspondiente a  $FE_1$  ocurre dentro de un tiempo  $T_{m\acute{a}x}$  especificado después de  $FE_1$  y:

- 1) la CRC de la trama recibida es válida; y
- 2) el contenido binario del campo de información recibido se ajusta exactamente al de la correspondiente trama transmitida.

Para fines de calidad de funcionamiento,  $T_{m\acute{a}x}$  es un límite de tiempo pasado el cual una trama se considera perdida.

NOTA – El valor de  $T_{m\acute{a}x}$  debe seguir estudiándose.

**4.3.2 resultado de trama con errores residuales:** Se produce un resultado trama con errores residuales cuando un  $FE_2$  correspondiente a  $FE_1$  ocurre dentro de un tiempo  $T_{m\acute{a}x}$  después de  $FE_1$  y la CRC de la trama recibida es válida, pero el contenido binario del campo de información de usuario de la trama recibida difiere del de la correspondiente trama transmitida (es decir, existen uno o más errores de bit en el campo de información de usuario de la trama recibida).

**4.3.3 resultado de trama perdida:** Se produce un resultado trama perdida cuando un  $FE_2$  no ocurre dentro del tiempo  $T_{m\acute{a}x}$  después del  $FE_1$  correspondiente o no es válida la CRC de la trama recibida. El valor de  $T_{m\acute{a}x}$  es el mismo que el utilizado en la definición del resultado trama transferida con éxito.

**4.3.4 resultado de trama extra:** Se produce un resultado trama extra cuando un  $FE_2$  ocurre sin un  $FE_1$  correspondiente.

## 5 Parámetros de calidad de funcionamiento de la transferencia de tramas

Esta cláusula define cinco parámetros de velocidad de servicio, exactitud y seguridad de funcionamiento asociados con la transferencia de trama de información de usuario:

- retardo de transferencia de tramas;
- tasa de pérdida de tramas de información de usuario;
- tasa de errores de trama residuales;

---

<sup>3</sup> A menos que se indique otra cosa, las fronteras  $B_i$  y  $B_j$  designan, respectivamente, las fronteras de entrada de trama y de salida de trama que delimitan una sección de conexión arbitraria o un juego concatenado de secciones de conexión. Los parámetros de calidad de funcionamiento se definen con relación a una transferencia de tramas unidireccional.

<sup>4</sup> No se prevén tramas en secuencia incorrecta ni duplicadas. Si un mecanismo de red imprevisto crea estos eventos, los sistemas de medición pueden catalogarlos como combinaciones de resultados de tramas perdidas, tramas con errores residuales o tramas extra.

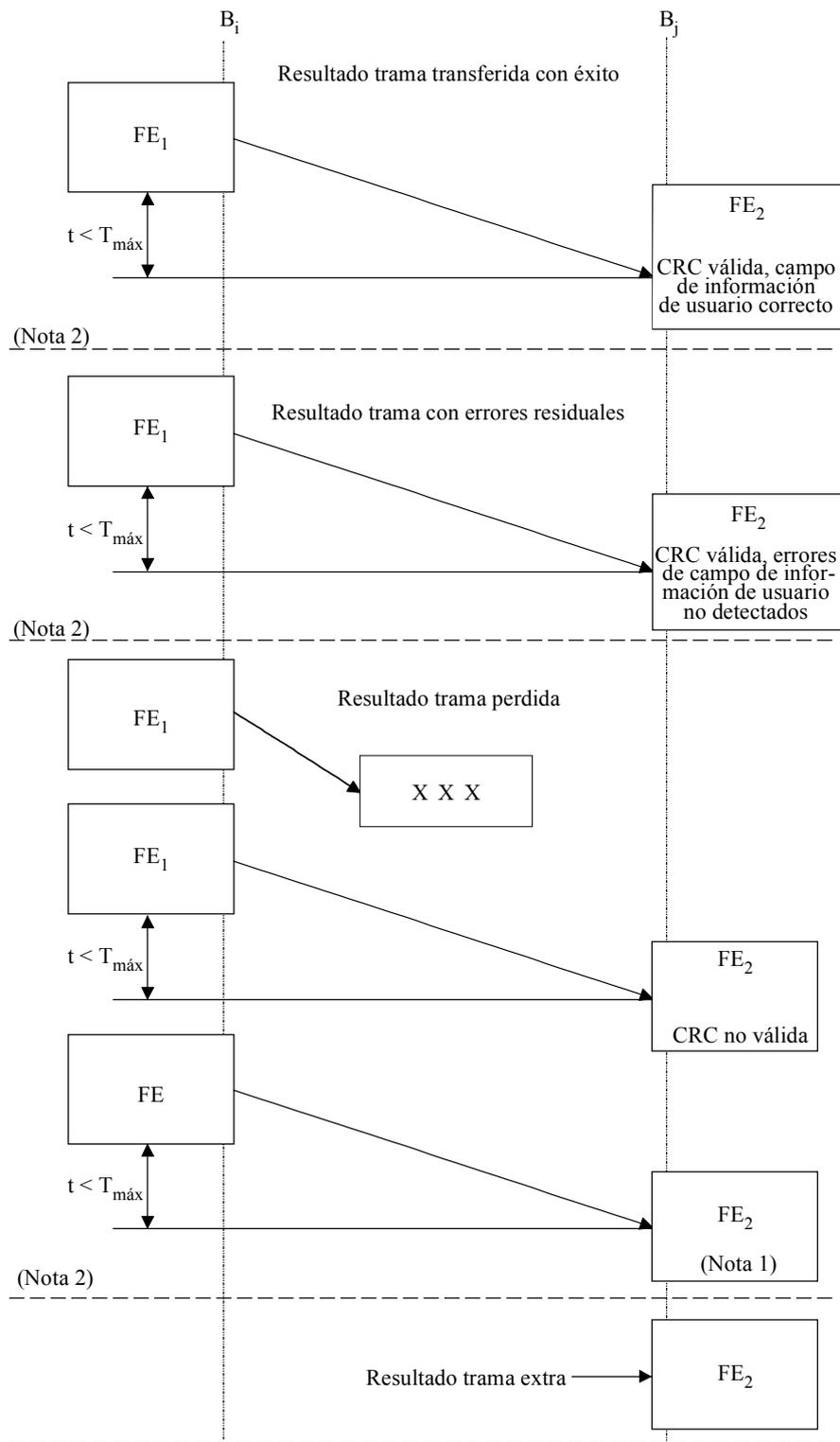
- velocidad de tramas extras; y
- tasa de distorsión de tráfico conforme basada en tramas.

Todos los parámetros pueden estimarse a partir de observaciones efectuadas en las fronteras de sección. La figura 5 muestra las poblaciones estadísticas utilizadas para calcular los parámetros de exactitud y de seguridad de funcionamiento seleccionados.<sup>5</sup>

NOTA – El anexo B define tres parámetros suplementarios de exactitud y seguridad de funcionamiento para bits, asociados con la transferencia de información de usuario en los servicios con retransmisión de tramas: tasa de pérdida de bits de información de usuario, tasa de errores de bit residuales y relación de distorsión de tráfico conforme para bits. Estos parámetros pueden ponerse en correspondencia con los parámetros para tramas definidos en la cláusula 5 (véase la figura 5).

---

<sup>5</sup> Como se muestra en la figura 5, el resultado de una trama transferida con éxito o de una trama con errores residuales se designa como una "trama retransmitida".

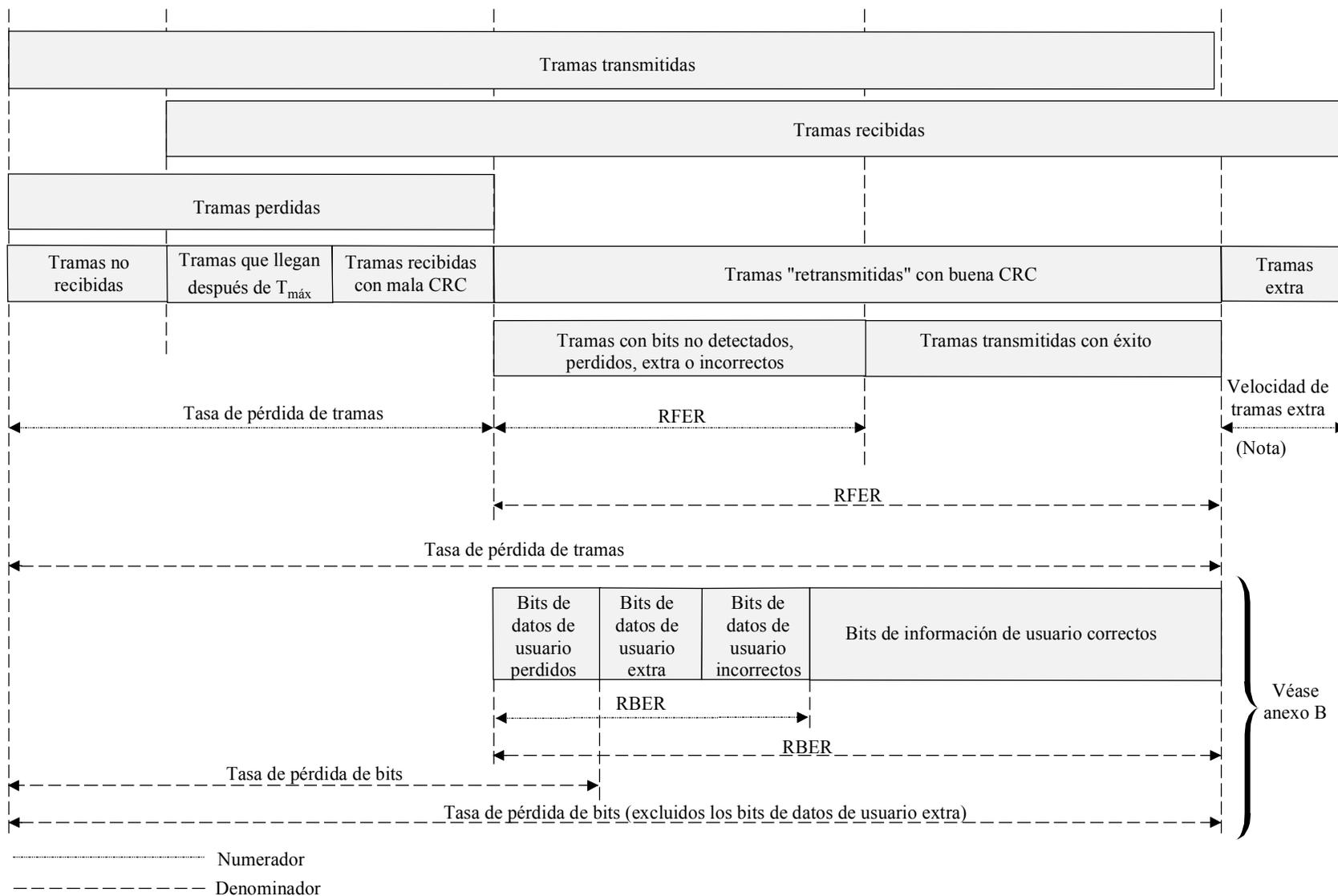


T0719570-94

NOTA 1 – El resultado se produce independientemente de la validez de CRC.

NOTA 2 – La variable  $t$  designa el tiempo transcurrido.

**Figura 4/X.144 – Resultados de transferencia de tramas**



NOTA – Medido como una velocidad, y no como una tasa.

T0719580-94

**Figura 5/X.144 – Poblaciones estadísticas utilizadas al definir los parámetros de exactitud y de seguridad de funcionamiento seleccionados**

### 5.1 Retardo de transferencia de tramas de información de usuario

El **retardo de transferencia de tramas de información de usuario (FTD, *frame transfer delay*)** se define como:

$$FTD = t_2 - t_1$$

donde, en una población especificada:

$t_1$  es el instante de aparición del primer FE;

$t_2$  es el instante de aparición del segundo FE; y

$$t_2 - t_1 \leq T_{m\acute{a}x}.$$

El retardo de transferencia de tramas de información de usuario de extremo a extremo es el retardo unidireccional entre fronteras DTE (por ejemplo,  $B_1$  y  $B_n$  en la figura 6).

### 5.2 Fluctuación de fase del retardo de tramas de información de usuario

La **fluctuación de fase del retardo de tramas (FDJ, *frame delay jitter*)** se define como el retardo de transferencia de tramas máximo ( $FTD_{m\acute{a}x}$ ) menos el retardo de transferencia de tramas mínimo ( $FTD_{m\acute{i}n}$ ) durante un intervalo de medición terminado, que consta de un número estadísticamente significativo de mediciones de retardo (N).

$$FDJ = FTD_{m\acute{a}x} - FTD_{m\acute{i}n}$$

donde:

$FTD_{m\acute{a}x}$  es el FTD máximo registrado durante un intervalo de medición de N mediciones de retardo,

$FTD_{m\acute{i}n}$  es el FTD mínimo registrado durante un intervalo de medición de N mediciones de retardo,

N es el número de mediciones de FTD efectuadas para obtener una representación estadísticamente significativa de la característica FTD. N se debe elegir de modo que sea al menos de 1000 (véase la nota).

NOTA – Este número de 1000 observaciones asegurará que el percentil 99,5 del retardo se observe al menos durante el 99% del tiempo. El intervalo de medición sugerido es de cinco (5) minutos. Es conveniente que las observaciones se distribuyan de manera uniforme a lo largo del intervalo de medición.

### 5.3 Tasa de pérdida de tramas de información de usuario

La **tasa de pérdida de tramas de información de usuario (FLR, *frame loss ratio*)** se define como:

$$FLR = \frac{F_L}{F_S + F_L + F_E}$$

donde, en una población especificada:

$F_S$  es el número total de resultados de tramas transferidas con éxito,

$F_L$  es el número total de resultados de tramas perdidas, y

$F_E$  es el número total de resultados de tramas con errores residuales.

Son de particular interés dos casos especiales,  $FLR_c$  y  $FLR_e$ .

### 5.3.1 FLR<sub>c</sub>

La FLR<sub>c</sub> para tramas marcadas DE = 0 debe permanecer relativamente constante mientras el tráfico DE = 0 total no exceda la CIR = Bc/T<sub>c</sub>. Si el tráfico DE = 0 excede la CIR, algunas tramas DE = 0 pueden descartarse inmediatamente o convertirse en tramas DE = 1, posiblemente aumentando la FLR para tráfico DE = 0<sup>6</sup>.

FLR<sub>c</sub> se define como la FLR para una población de tramas con DE = 0 cuando todas las tramas DE = 0 son conformes con la CIR. Si la red acepta todas las tramas conformes de acuerdo con la prueba descrita en el anexo A, FLR<sub>c</sub> es la probabilidad de que una trama DE = 0 aceptada como conforme se pierda posteriormente. La conformidad con la CIR se juzga utilizando la prueba descrita en el anexo A.

NOTA – Las tramas DE = 0 retransmitidas con el bit DE cambiado a DE = 1 se incluyen en el cálculo de FLR<sub>c</sub>.

### 5.3.2 FLR<sub>e</sub>

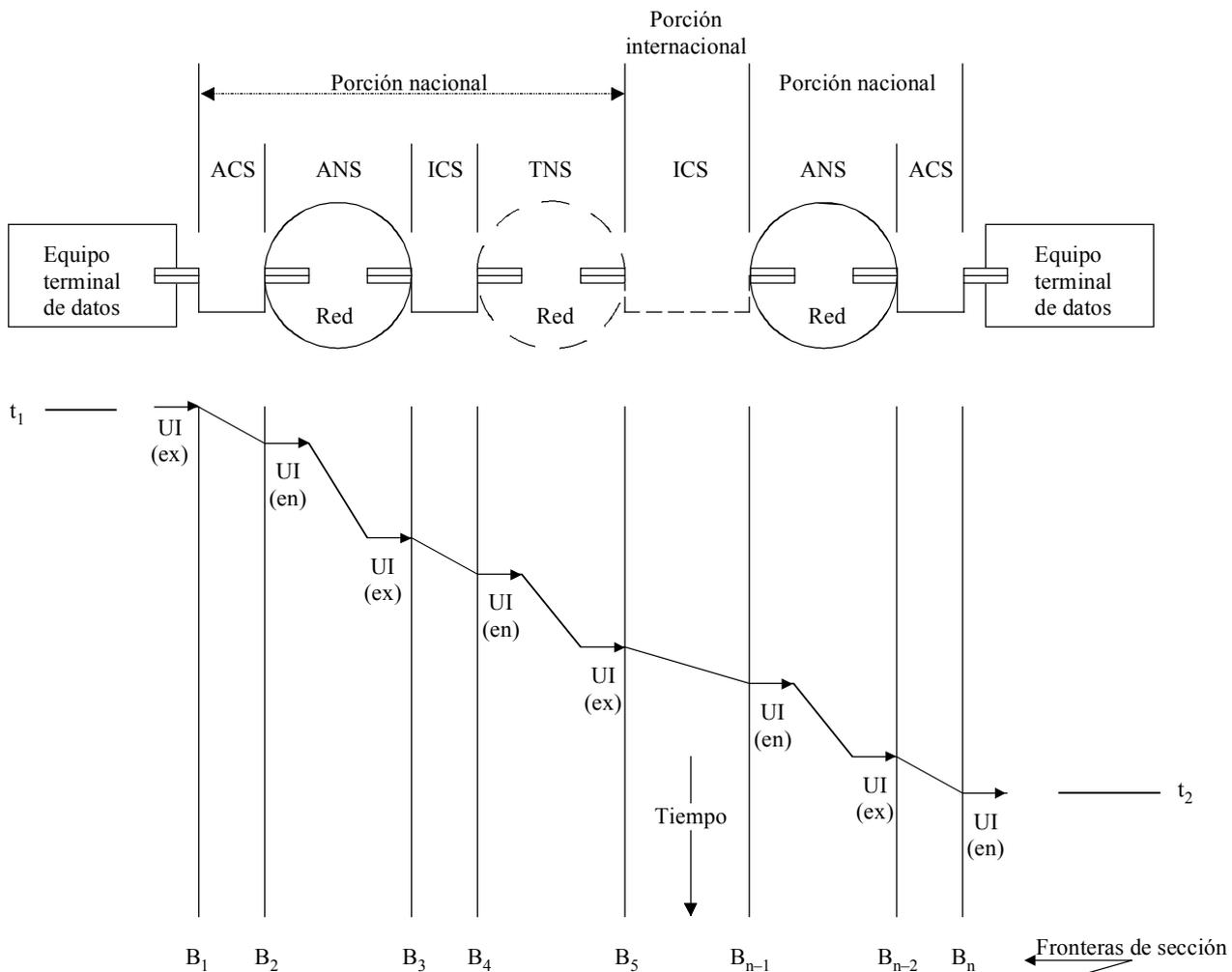
Las tramas pueden marcarse DE = 1 antes o inmediatamente después de cruzar la frontera de la sección de entrada. La característica de pérdida para todas dichas tramas debe permanecer relativamente constante mientras el tráfico DE = 1 total no exceda la EIR = Be/T<sub>c</sub><sup>7</sup>. Si el tráfico DE = 1 total excede la EIR, algunas tramas DE = 1 pueden descartarse inmediatamente, posiblemente aumentando la FLR para el tráfico DE = 1<sup>8</sup>.

---

<sup>6</sup> La velocidad a la que FLR aumenta cuando el tráfico ofrecido excede de CIR y EIR (= Be/T<sub>c</sub>) puede variar entre proveedores de redes. Algunos proveedores de redes ofrecen explícitamente transportar este tráfico extra. Estos ofrecimientos pueden tener una mayor probabilidad de notificación de congestión, retardos o ráfagas de pérdida.

<sup>7</sup> Bc, Be, T<sub>c</sub> y CIR se definen en UIT-T I.370 – *Gestión de la congestión para el servicio portador RDSI con retransmisión de tramas*, cláusula 1.2. Sus relaciones entre sí y con el bit DE se ilustran en 1.6/I.370.

<sup>8</sup> Véase la nota 6 de pie de página.



T0719590-94

- UI FE de transferencia de información de usuario (FE específicos en estudio)
- en Entrada (*entry*)
- ex Salida (*exit*)

NOTA – ( $t_1 - t_2$ ) pueden observarse en el lado llamante y lado llamado de cualquier porción de conexión virtual.

**Figura 6/X.144 – Eventos de retardo de transferencia de tramas de información de usuario**

$FLR_e$  se define como la FLR para una población de tramas introducidas con  $DE = 1$  cuando todas las tramas  $DE = 1$  de entrada son conformes con la EIR y todas las tramas  $DE = 0$  son conformes con la CIR. Si la red acepta todas las tramas conformes de acuerdo con la prueba descrita en el anexo A,  $FLR_e$  es la probabilidad de que una trama  $DE = 1$  de entrada aceptada como conforme se pierda posteriormente. La conformidad con EIR y CIR se juzga utilizando la prueba descrita en el anexo A.

Para fines de evaluación, ya que no existe un modo preciso de cuantificar la cantidad de tráfico  $DE = 0$  que la red convierte a  $DE = 1$ , el parámetro  $FLR_e$  se define sólo en términos de tramas introducidas como  $DE = 1$ . Mientras el tráfico  $DE = 1$  total no exceda la EIR, se cree que el tráfico marcado  $DE = 1$  de redes experimentará tasas de pérdida similares a  $FLR_e$ .

#### 5.4 Tasa de errores de trama residuales

La **tasa de errores de trama residuales (RFER, residual frame error ratio)**<sup>9</sup> se define como:

$$RFER = \frac{F_E}{F_E + F_S}$$

donde, en una población especificada:

$F_S$  es el número total de resultados de tramas transferidas con éxito, y  
 $F_E$  es el número total de resultados de tramas con errores residuales.

#### 5.5 Velocidad de tramas extra

La **velocidad de tramas extra (EFR, extra frame rate)** se define como:

$$EFR = \frac{E_F}{T_{EFR}}$$

donde:

$E_F$  es el número total de resultados de tramas extra observados durante un intervalo de tiempo especificado  $T_{EFR}$ .

Esta tasa puede expresarse como el número de resultados de tramas extra por segundo de conexión.<sup>10</sup>

#### 5.6 Tasa de distorsión de tráfico conforme para tramas

El agrupamiento de tramas causado por la red o el marcado excesivo de tráfico conforme como  $DE = 1$  puede producir pérdida de tramas en los elementos de red hacia el destino. Por tanto, la tasa de distorsión de tráfico conforme basada en tramas (FCTDR, *frame-based conformant traffic distortion ratio*) se define para ayudar a diagnosticar problemas con la FLR.

La relación entre la FCTDR y la FLR hacia el destino depende considerablemente del modo en que los proveedores de red colaboran para cumplir sus compromisos en relación con las CIR y EIR de extremo a extremo (implícitas). En algunos casos, una red hacia el destino puede suministrar deliberadamente  $B_c$  y  $B_e$  mayores, o  $T_c$  menor para compensar el agrupamiento de tramas hacia el origen. Asimismo, la FCTDR puede no ser pertinente para dispositivos de terminación que no tienen en cuenta las llegadas en ráfaga o el estado  $DE$  de las tramas recibidas. Por ambos motivos, no se pueden establecer objetivos de red para la característica de FCTDR.

Las tramas conformes a la CIR en una frontera de entrada pueden perderse, agruparse o etiquetarse como  $DE = 1$  de manera que se reduzca el número de tramas conformes a CIR en la frontera de salida. La tasa de distorsión de tráfico conforme basada en tramas para tráfico  $DE = 0$  (FCTDR<sub>c</sub>) mide la reducción del tráfico conforme debida únicamente a agrupamiento o etiquetado.

---

<sup>9</sup> Este parámetro de exactitud designa los errores de trama de información de usuario residuales causados por degradaciones de transmisión o de conmutación introducidas en una conexión especificada.

<sup>10</sup> Por definición, una trama extra es una trama recibida que no tiene una trama transmitida correspondiente en esa conexión. Las tramas extra en una determinada conexión pueden ser causadas por un error no detectado en la dirección de una trama originada en una conexión diferente o por una traducción incorrectamente programada de direcciones para tramas originadas en una conexión diferente. Como ninguno de estos mecanismos tiene relación directa con el número de tramas transmitidas en la conexión observada, este parámetro de calidad de funcionamiento no puede expresarse como una tasa de cómputo de trama, sino sólo como una velocidad.

El **parámetro FCTDR<sub>c</sub>** se define como sigue:

$$FCTDR_c = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N F_n$$

donde:

$$F_n = \begin{cases} 1 & \text{si la trama } A_n \text{ no es conforme a la } \hat{C}\hat{I}\hat{R} \text{ en } B_j \\ 0 & \text{o est\u00e1 marcada } DE = 1 \text{ en } B_j \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

y:

$\{A_1, A_2, \dots, A_N\}$  designa una secuencia de N tramas, todas introducidas con  $DE = 0$ , conformes a la CIR en  $B_i$ , y son todas retransmitidas a  $B_j$ .

$\hat{C}\hat{I}\hat{R}$  es la modificaci\u00f3n de CIR descrita en el anexo A.

Las tramas conformes a la EIR en una frontera de entrada,  $B_i$ , pueden perderse o agruparse de manera que se reduzca el n\u00famero de tramas conformes a la EIR en la frontera de salida. La tasa de distorsi\u00f3n de tr\u00e1fico conforme basada en tramas para tr\u00e1fico  $DE = 1$  ( $FCTDR_e$ ) mide la reducci\u00f3n de tr\u00e1fico no conforme debida solamente al agrupamiento.

El **par\u00e1metro FCTDR<sub>e</sub>** se define como sigue:

$$FCTDR_e = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N F_n$$

donde:

$$F_n = \begin{cases} 1 & \text{si la trama } A_n \text{ no es conforme a la } \hat{E}\hat{I}\hat{R} \text{ en } B_j \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

y:

$\{A_1, A_2, \dots, A_N\}$  designa una secuencia de N tramas, todas introducidas con  $DE = 1$ , conformes a EIR en  $B_i$ , y son todas retransmitidas a  $B_j$ .

$\hat{E}\hat{I}\hat{R}$  es la modificaci\u00f3n de EIR descrita en el anexo A.

NOTA – La necesidad de objetivos de FCTDR queda en estudio.

## 5.7 Par\u00e1metros relacionados con el flujo de tramas

Debe seguir estudi\u00e1ndose la necesidad de par\u00e1metros de calidad de funcionamiento de red que describan el flujo efectivo de tramas en una conexi\u00f3n. Dichos par\u00e1metros se necesitar\u00e1n si se aplican mecanismos de control de flujo en los servicios con retransmisi\u00f3n de tramas. Un par\u00e1metro \u00fatil podr\u00eda ser la diferencia (positiva) entre la velocidad de informaci\u00f3n concertada negociada y la velocidad efectiva de transferencia de informaci\u00f3n. Pueden ser tambi\u00e9n de utilidad medidas de los mecanismos espec\u00edficos de control de flujo.

NOTA – El ap\u00e9ndice II trata los efectos sobre la calidad de funcionamiento asociados con las indicaciones de congesti\u00f3n de la red (es decir FECN, BECN, CLLM), y formula recomendaciones generales para controlar estos efectos.

## 6 Disponibilidad de circuito virtual permanente (PVC)

Esta cláusula especifica los parámetros de disponibilidad PVC para los tipos de sección definidos en la cláusula 5. Un modelo de dos estados proporciona una base para describir la disponibilidad global del servicio PVC. Una función disponibilidad especificada compara los valores de un conjunto de valores primarios "soportados" con los correspondientes umbrales de interrupción para clasificar el servicio como "disponible" (sin interrupción del servicio) o "indisponible" (con interrupción del servicio) en periodos de observación sucesivos. Esta cláusula especifica la función disponibilidad PVC y define los parámetros de disponibilidad PVC que caracterizan el proceso aleatorio binario resultante.

En esta cláusula se definen dos parámetros de disponibilidad: disponibilidad del servicio PVC y tiempo medio entre interrupciones del servicio PVC. Cada parámetro puede aplicarse a cualquier sección básica y a una conexión de extremo a extremo.

### 6.1 Función disponibilidad PVC

Se utilizan cuatro parámetros de calidad de funcionamiento, definidos en la cláusula 5, al calcular la disponibilidad PVC:

- tasa de pérdida de tramas de información de usuario (para tráfico ofrecido conforme con la CIR);
- tasa de pérdida de tramas de información de usuario (para tráfico ofrecido conforme con EIR);
- tasa de errores de trama residuales; y
- velocidad de tramas extra.

Estos parámetros se denominan los parámetros de decisión de disponibilidad. Cada parámetro de decisión está asociado con un umbral de interrupción. Estos parámetros de decisiones y sus umbrales de interrupción se enumeran en el cuadro 1.

Para los PVC que implementan los procedimientos de mensajería SITUACIÓN definidos en UIT-T X.36 y X.76, o en el anexo A/Q.933, y utilizan procedimientos bidireccionales solamente en las interfaces red-red (NNI, *network interface*), la transmisión de pares específicos de indicaciones de mensaje SITUACIÓN servirá además como criterio de disponibilidad. Para un conjunto de secciones de conexión limitadas por las fronteras  $B_i$  y  $B_j$ , la sección sometida a prueba, la transmisión de una indicación de inactivo saliente de la sección sometida a prueba servirá como transición desde el estado disponible al estado indisponible. La reentrada al estado disponible se llevará a cabo mediante la transmisión de una indicación de activo saliente de la sección sometida a prueba. Están excluidos los periodos de indisponibilidad de PVC programada (véase 6.2.1 más adelante).

**Cuadro 1/X.144 – Criterios de interrupción para los parámetros de decisión de disponibilidad**

Parámetros de decisión de disponibilidad	Criterios
FLR <sub>c</sub> <sup>a)</sup> – Tasa de pérdida de tramas de información de usuario para una población de tramas con DE = 0 cuando todas las tramas DE = 0 son conformes a la CIR	FLR <sub>c</sub> > C <sub>1</sub>
FLR <sub>e</sub> <sup>b)</sup> – La tasa de pérdida de tramas de información de usuario para una población de tramas introducidas con DE = 1 cuando todas las tramas DE = 1 introducidas son conformes a la EIR y todas las tramas DE = 0 son conformes a la CIR	FLR <sub>e</sub> > C <sub>2</sub>
RFER – Tasa de errores de trama residuales	RFER > C <sub>3</sub>
EFR – Velocidad de tramas extra	EFR > C <sub>4</sub>
<p>a) Aplicable solamente como un parámetro de decisión de disponibilidad cuando CIR &gt; 0. Si se observa una FLR alta, el tráfico DE = 0 ofrecido debe reducirse a CIR antes de juzgar el estado de disponibilidad.</p> <p>b) Aplicable solamente como un parámetro de decisión de disponibilidad cuando CIR = 0 y no hay tramas DE = 0. Si se observa una FLR alta, el tráfico DE = 1 ofrecido debe reducirse a EIR antes de juzgar el estado de disponibilidad.</p> <p>NOTA – La sección de conexión (o conjunto de secciones) se puede considerar también indisponible si la capa física subyacente en cualquiera de las dos fronteras de sección está indisponible (no hay señal, condición de alarma, etc.) debido a causas dentro de la sección o secciones de conexión.</p>	

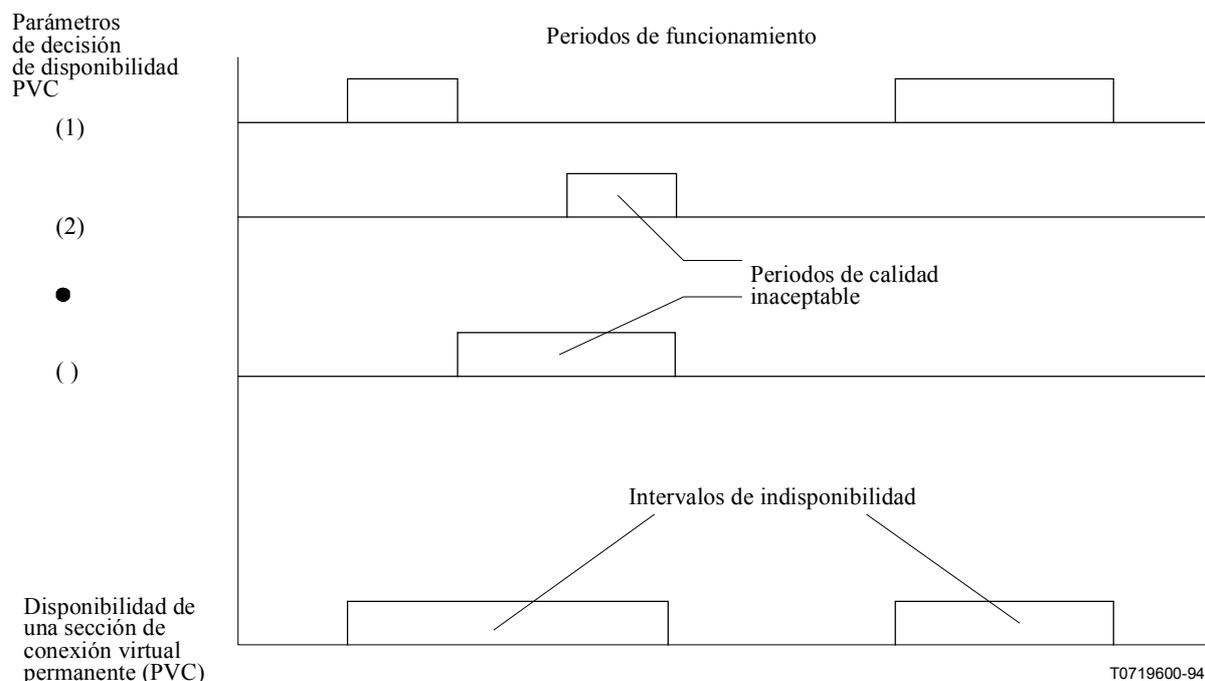
La calidad de funcionamiento se considera independientemente con relación a cada parámetro de decisión de disponibilidad. Si el valor del parámetro es igual o mejor que el umbral de interrupción definido, la calidad de funcionamiento relativa a ese parámetro se define como aceptable. Si el valor del parámetro es peor que el umbral, la calidad de funcionamiento relativa a ese parámetro se define como inaceptable.

Un conjunto de secciones de conexión comprendidas entre las fronteras B<sub>i</sub> y B<sub>j</sub> se define como disponible (o que está en el estado de disponibilidad) si la calidad de funcionamiento es aceptable con relación a todos los parámetros de decisión y criterios de transición.

Un conjunto de secciones de conexión comprendidas entre las fronteras B<sub>i</sub> y B<sub>j</sub> se define como indisponible (o que está en el estado de indisponibilidad) si la calidad de funcionamiento de uno o más de los cuatro criterios de decisión es inaceptable, o si se ha producido una transición al estado indisponible mediante la transmisión de una indicación de inactivo en un mensaje SITUACIÓN saliente de las secciones limitadas por B<sub>i</sub> y B<sub>j</sub>.

Los intervalos durante los cuales una sección de conexión o un conjunto concatenado de secciones de conexión están indisponibles se identifican superponiendo los periodos de calidad de funcionamiento inaceptable para todos los parámetros de decisión, como se ilustra en la figura 7.

Con el fin de excluir las degradaciones transitorias para que no se consideren periodos de indisponibilidad, una prueba individual del estado de disponibilidad debe durar cinco minutos o más. Para reducir la probabilidad de transiciones de estado durante una prueba del estado de disponibilidad en ese momento, cada prueba debe durar menos de 20 minutos.



**Figura 7/X.144 – Determinación de los estados de disponibilidad PVC con retransmisión de tramas**

## 6.2 Parámetros de disponibilidad PVC

Se definen dos parámetros de disponibilidad:

- disponibilidad del servicio PVC; y
- tiempo medio entre interrupciones del servicio PVC (MTBSO).

### 6.2.1 Definición de disponibilidad del servicio PVC

La disponibilidad del servicio definida en la cláusula 6 se aplica a los servicios PVC. La **disponibilidad del servicio PVC** es el porcentaje a largo plazo del tiempo de servicio programado en el cual una sección o el conjunto concatenado de secciones está disponible.

El tiempo de servicio programado para un PVC es el tiempo durante el cual el proveedor de red ha acordado que ese PVC esté disponible para el servicio. Normalmente, el servicio programado es 24 horas por día y 7 días por semana<sup>11</sup>.

### 6.2.2 Definición de tiempo medio entre interrupciones del servicio PVC

El tiempo medio entre interrupciones del servicio definido en la cláusula 6 se aplica a los servicios PVC. El **tiempo medio entre interrupciones del servicio PVC** es la duración media de cualquier intervalo continuo durante el cual la sección del PVC o el conjunto concatenado de secciones está disponible. Los intervalos consecutivos de tiempo de servicio programado se concatenan.

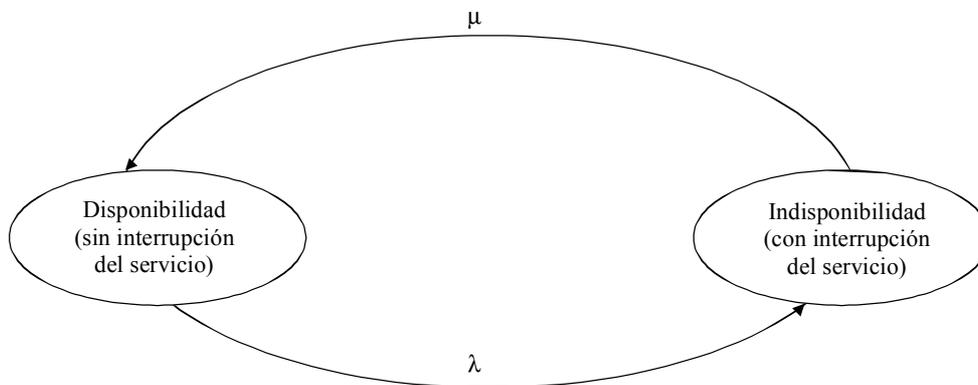
<sup>11</sup> En algunas redes pueden especificarse otros tiempos de servicio programado.

### 6.2.3 Parámetros conexos

Se utilizan ordinariamente otros cuatro parámetros al describir la característica de disponibilidad. Estos se definen en general como sigue:

- **tiempo medio hasta el restablecimiento del servicio (MTTSR, *mean time to service restoral*)** es la duración media de los intervalos de tiempo de indisponibilidad del servicio;
- **tasa de fallos ( $\lambda$ )** es el número medio de transiciones del estado de indisponibilidad al estado de disponibilidad por unidad de tiempo de indisponibilidad;
- **tasa de restablecimiento ( $\mu$ )** es el número medio de transiciones del estado de indisponibilidad al estado de disponibilidad por unidad de tiempo de disponibilidad;
- **indisponibilidad ( $U$ , *unavailability*)** es la relación a largo plazo de tiempo de indisponibilidad del servicio/tiempo de servicio programado, expresada en porcentaje.

Suponiendo una distribución exponencial de los fallos y los restablecimientos, los valores matemáticos de cualquiera de estos parámetros pueden estimarse a partir de los valores de la disponibilidad del servicio ( $SA$ , *service availability*) y del tiempo medio entre interrupciones del servicio ( $MTBSO$ , *mean time between service outages*), como se resume en la figura 8.



a) Diagrama de estados

$$\begin{aligned}
 MTBSO &= \frac{1}{\lambda} & MTTSR &= \frac{1}{\mu} \\
 SA &= 100 \left[ \frac{MTBSO}{MTBSO + MTTSR} \right] = 100 \left[ \frac{\mu}{\lambda + \mu} \right] \\
 U &= 100 - SA = 100 \left[ \frac{MTTSR}{MTBSO + MTTSR} \right] = 100 \left[ \frac{\lambda}{\lambda + \mu} \right]
 \end{aligned}$$

T0719610-94

b) Relaciones de parámetros

**Figura 8/X.144 – Modelo básico y parámetros de disponibilidad**

## ANEXO A

### Prueba de conformidad para la evaluación de la calidad de funcionamiento

#### A.1 Motivación

No existen normas sobre el modo en que las redes deben determinar la conformidad con la CIR y la EIR. Son aceptables todas las implementaciones de red razonables que admiten normalmente tráfico  $B_c$  y  $B_e$  en unidades de tiempo  $T_c$ . Sin embargo,  $FLR_c$  y  $FLR_e$  (en 5.2.1 y 5.2.2), FCTDR (en 5.5) y la disponibilidad (véase la cláusula 6) exigen la noción de conformidad. Para poder evaluar  $FLR_c$ ,  $FLR_e$ , FCTDR, y la característica de disponibilidad de una manera normalizada, es necesario disponer de un modo normalizado de determinar la conformidad.

Este anexo proporciona la prueba normalizada que se ha de utilizar para determinar la conformidad del tráfico con retransmisión de tramas para los fines indicados de evaluación de calidad de funcionamiento. La prueba, denominada el doble puente peligroso (DDB, *double dangerous bridge*), se seleccionó por creer que era más rigurosa que cualquier otra prueba de conformidad implementada por la red para determinar la validez del tráfico.

Dado que se permite a las redes que descarten (o marquen como DE) todas las tramas en exceso de CIR o EIR, suele ser conveniente que tales tramas no se cuenten frente a una medición de FLR o FCTDR. Se considera que, por lo menos, el DDB es tan riguroso para determinar la conformidad que cualquier prueba de conformidad con retransmisión de tramas regular. Por tanto, todo tren de tramas que el DDB determine como completamente conforme será aceptado como completamente conforme por cualquier red regular. Cada trama de estos trenes debe, en principio, ser aceptada por la red sin descarte ni marcado. Así, los trenes de tramas que el DDB determine como completamente conformes son útiles para estimar la característica de pérdida de tramas dentro de una red, a la vez que se evitan los efectos admisibles de la determinación de la validez del tráfico.

Por conveniencia del abonado, los proveedores de redes pueden transportar tráfico por encima de las CIR y EIR negociadas. Sin embargo, como no existe ningún modo normalizado de ofrecer esta capacidad extra, esta Recomendación no incluye medidas de calidad de funcionamiento para tales ofrecimientos. Los usuarios de esta capacidad deben ser conscientes de que puede haber una mayor probabilidad consiguiente de que se produzcan FECN, BECN, CLLM, pérdida de tramas, retardo y distorsión de conformidad.

#### A.2 Uso normalizado limitado

El único uso normalizado del DDB es para los fines de evaluación de calidad de funcionamiento antes descritos. No se trata de una norma para implementación en las redes. Sin embargo, los diseños para determinar la validez del tráfico pueden compararse con el DDB para confirmar que son menos rigurosos y más tolerantes que el DDB. Como se ha indicado, el DDB se considera tan riguroso que es muy improbable que ningún criterio práctico de determinación de validez rechazase tramas aprobadas por el DDB.

#### A.3 Definición del DDB

El algoritmo DDB calcula el número total de bits de datos de usuario en una ventana deslizante de duración  $T_c$ . Se efectúan dos comparaciones con  $B_x$ , donde  $B_x$  es  $B_c$  o  $B_e$ , según que se evalúe la CIR o la EIR. En la primera, se compara el número total de bits de datos de usuario incluidos en las tramas de información en las que el primer bit de la trama está dentro de la ventana vigente y en la segunda se compara el número total de bits de datos de usuario incluidos en tramas de información en las que el último bit de la trama está dentro de la ventana vigente. Si cualquiera de estos números excede de  $B_x$ , una trama en la ventana se declara no conforme. Se desprende de esta descripción que el DDB nunca permite más de  $B_x$  bits de datos en cualquier ventana  $T_c$ , lo cual no es cierto para

ningún criterio de determinación de validez de tráfico conocido. Además, con algunas hipótesis mínimas sobre la determinación de la validez del tráfico, puede demostrarse rigurosamente la naturaleza sumamente estricta del DDB.

En la figura A.1 se muestra una aplicación del DDB. El DDB se puede implementar de distintas maneras; sin embargo, cualquiera de ellas debe producir las mismas decisiones sobre conformidad que el algoritmo presentado aquí.

Se calculan dos cuentas totales para un tren de tramas en la frontera especificada:

- 1) La variable `count_fbw` es la cuenta acumulada total de los bits de datos de usuario de las tramas cuyos primeros bits están en la ventana  $T_c$ . La variable `fbw_list` es la lista de tramas con sus primeros bits en la ventana  $T_c$  vigente.
- 2) La variable `count_lbw` es la cuenta acumulativa total de los bits de datos de usuario de las tramas cuyos últimos bits están en la ventana  $T_c$ . La variable `lbw_list` es la lista de tramas con sus últimos bits en la ventana  $T_c$  vigente.

Si  $B_x$  es excedido por cualquiera de estas dos cuentas, la aplicación de la figura A.1 de la DDB declara la trama más reciente en la ventana  $T_c$  como una trama no conforme.

NOTA – Al evaluar  $FLR_c$ ,  $FLR_e$ , y la disponibilidad, las cuentas de tramas no conformes y bits de datos de estas tramas no son pertinentes. Lo que es pertinente es saber si la DDB determina que el tren completo es conforme.

#### A.4 Utilización del DDB al evaluar la FCTDR

La FCTDR compara el volumen de tráfico conforme en una interfaz hacia el destino con el volumen de tráfico conforme en una interfaz hacia el origen. La determinación de si un tren de tráfico es conforme en una interfaz hacia el destino debe permitir algún agrupamiento de tramas en los elementos hacia el origen. Un parámetro,  $\epsilon$ , denominado "tolerancia de agrupamiento de tramas" puede utilizarse para establecer este margen.

En una conexión dada, considérese el flujo de tramas de información de usuario entre dos fronteras que delimitan un conjunto de secciones de conexión concatenadas. Sea  $T_c$  el intervalo de tiempo en el cual  $B_x$  (que representa  $B_c$  para CIR y  $B_e$  para EIR) se evalúa en la frontera de entrada. Para permitir una cantidad razonable de agrupamiento al evaluar FCTDR, la conformidad del tráfico en la frontera de salida debe compararse utilizando  $T_c$  CIR y EIR modificada:

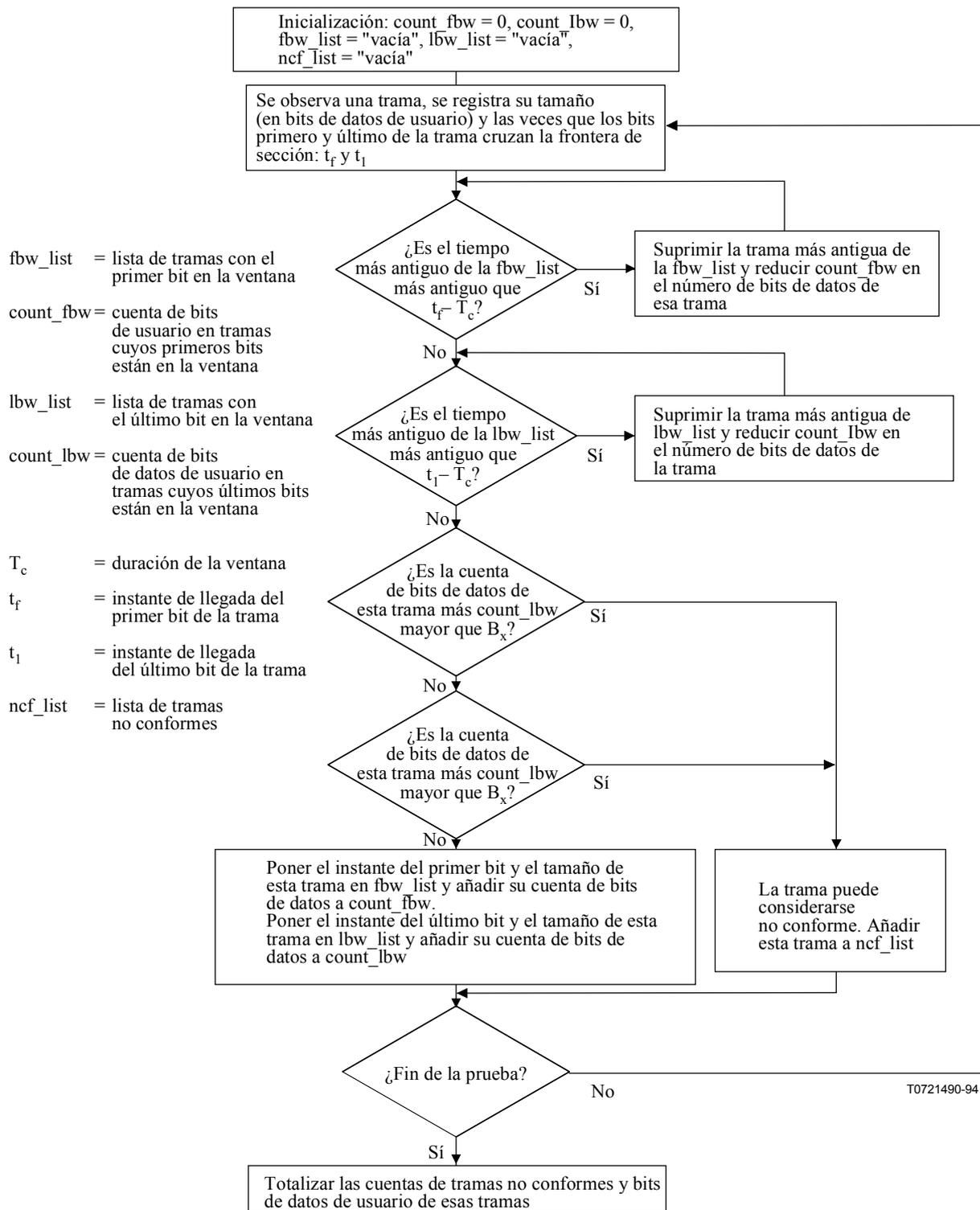
$$\hat{T}_c = T_c - \epsilon$$

$$\hat{CIR} = B_c / \hat{T}_c$$

$$\hat{EIR} = B_e / \hat{T}_c$$

$$(T_c > \epsilon > 0)$$

NOTA – La especificación de  $\epsilon$  queda en estudio.



NOTA 1 – Son posibles otras implementaciones.

NOTA 2 –  $B_x = B_c$  o  $B_e$ .

NOTA 3 – Cuando se rebasa  $B_x$ , este algoritmo declara la trama más reciente de la ventana  $T_c$  como trama no conforme. Los algoritmos razonables deben hacerlo así o identificar una trama más corta en la ventana vigente.

**Figura A.1/X.144 – Implementación del doble puente peligroso**

## ANEXO B

### Parámetros de exactitud y de seguridad de funcionamiento para bits

Este anexo define tres parámetros de exactitud y de seguridad de funcionamiento específicos del protocolo, basados en bits, asociados con la transferencia de información de usuario en los servicios con retransmisión de tramas:

- tasa de pérdida de bits de información de usuario;
- tasa de errores de bit residuales; y
- tasa de distorsión de tráfico conforme basada en bits.

Estos parámetros complementan los correspondientes parámetros basado en tramas (tasa de pérdida de tramas de información de usuario, tasa de errores de trama residuales y tasa de distorsión de tráfico conforme basada en tramas) definidas en la cláusula 5. La figura 5 muestra las poblaciones estadísticas utilizadas para calcular estos parámetros de exactitud y de seguridad de funcionamiento.

NOTA – A menos que se indique otra cosa, las condiciones pertinentes estipuladas en las cláusulas 1 a 5 se aplican en el anexo B.

#### B.1 Tasa de pérdida de bits de información de usuario

La **tasa de pérdida de bits de información de usuario (BLR, bit loss ratio)** se define como:

$$BLR = \frac{B_L + B_M}{B_S + B_R + B_L + B_M}$$

donde, en una población especificada:

$B_S$  es el número total de bits de información de usuario en resultados de tramas transferidas con éxito;

$B_R$  es el número total de bits de información de usuario en resultados de tramas con errores residuales;

$B_L$  es el número total de bits de información de usuario en resultados de tramas perdidas; y

$B_M$  es el número total de bits de información de usuario residualmente perdidos (es decir, que faltan) en resultados de tramas con errores residuales.

Son de particular interés dos casos especiales.

**B.1.1 BLR<sub>c</sub>:** BLR<sub>c</sub> se define como la BLR para una población de tramas con DE = 0 cuando todas las tramas DE = 0 son conformes con la CIR.

**B.1.2 BLR<sub>e</sub>:** BLR<sub>e</sub> se define como la BLR para una población de tramas introducidas con DE = 1 cuando todas las tramas DE = 1 de entrada son conformes con la EIR y todas las tramas DE = 0 son conformes con la CIR.

#### B.2 Tasa de errores de bit residuales

La **tasa de errores de bit residuales (RBER, residual bit error ratio)**<sup>12</sup> se define como:

$$RBER = \frac{B_M + B_E + B_X}{B_C + B_M + B_E + B_X}$$

<sup>12</sup> Este parámetro de exactitud designa los errores de bits de información de usuario residuales causados por degradaciones de transmisión o de conmutación introducidas en una conexión virtual especificada.

donde, en una población especificada:

$B_C$  es el número total de bits de información de usuario correctos en resultados de tramas transferidas con éxito o tramas con errores residuales;

$B_M$  es el número total de bits de información de usuario residualmente perdidos (es decir, que faltan) en resultados de tramas con errores residuales;

$B_E$  es el número total de bits de información de usuario residualmente incorrectos (es decir, invertidos) en los resultados de tramas con errores residuales; y

$B_X$  es el número total de bits de información de usuario y residualmente extra (es decir, adicionales) en resultados de tramas con errores residuales.

En la práctica, no es posible en todos los casos distinguir entre apariciones de bits de información de usuario residualmente incorrectos, residualmente perdidos y residualmente adicionales sin comparación de los bits de datos vistos en las fronteras.

**B.3 Tasa de distorsión de tráfico conforme basada en bits:** La tasa de distorsión de tráfico conforme basada en bits con tráfico  $DE = 0$  se define como:

$$BCTDR_c = \frac{1}{N_A} \sum_{n=1}^N F_n b_n$$

donde:

$$F_n = \begin{cases} 1 & \text{si la trama } A_n \text{ no es conforme a la } \hat{C}IR \text{ en } B_j \\ 0 & \text{est\u00e1 marcada } DE = 1 \text{ en } B_j \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

$\{A_1, A_2, \dots, A_N\}$  designa una secuencia de  $N$  tramas, todas introducidas con  $DE = 0$ , conformes a la CIR en  $B_i$ , y son todas retransmitidas a  $B_j$ .

$\hat{C}IR$  es la modificaci\u00f3n de CIR que se describe en el anexo A,

$b_n$  es el n\u00famero de bits de informaci\u00f3n de usuario en la trama  $A_n$  ( $n = 1, 2, \dots, N$ ), y

$N_A = \sum_{n=1}^N b_n$  es el n\u00famero total de bits de informaci\u00f3n de usuario en las tramas  $\{A_1, A_2, \dots, A_N\}$ .

NOTA 1 – La necesidad de objetivos para  $BCTDR_c$  queda en estudio.

La tasa de distorsión de tráfico conforme basada en bits con tráfico  $DE = 1$  se define como:

$$BCTDR_e = \frac{1}{N_A} \sum_{n=1}^N F_n b_n$$

donde:

$$F_n = \begin{cases} 1 & \text{si la trama } A_n \text{ no es conforme a la } \hat{E}IR \text{ en } B_j \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

y:

$\{A_1, A_2, \dots, A_N\}$  designa una secuencia de  $N$  tramas, introducidas con  $DE = 1$ , conformes a la EIR en  $B_i$ , y retransmitidas a  $B_j$ .

$\hat{E}IR$  es la modificaci\u00f3n de EIR que se describe en el anexo A,

$b_n$  es el número de bits de información de usuario en la trama  $A_n$  ( $n = 1, 2, \dots, N$ ), y

$N_A = \sum_{n=1}^N b_n$  es el número total de bits de información de usuario en las tramas  $\{A_1, A_2, \dots, A_N\}$ .

NOTA 2 – La necesidad de objetivos para BCTDR<sub>e</sub> queda en estudio.

## ANEXO C

### Algunas relaciones entre los parámetros de calidad de funcionamiento a nivel de trama y a nivel del modo de transferencia asíncrono

#### C.1 Alcance

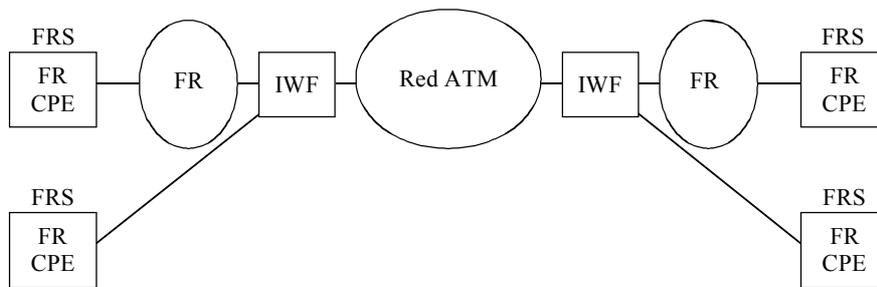
El presente anexo desarrolla algunas relaciones entre los parámetros de calidad de funcionamiento a nivel de trama definidos en el cuerpo principal de esta Recomendación y los parámetros de calidad de funcionamiento a nivel ATM definidos en la última versión de UIT-T I.356. Estas relaciones de calidad de funcionamiento se basan en el escenario de interfuncionamiento de redes con retransmisión de tramas y ATM (FR-ATM, *frame relay and ATM*) [véase la figura C.1 a)] y en el escenario de interfuncionamiento de servicios con retransmisión de tramas y ATM (FR-ATM) [véase la figura C.1 b)] presentados en UIT-T I.555 y desarrollados con más detalle en UIT-T I.365.1 y en la cláusula 6/I.363. Las relaciones entre los respectivos parámetros de calidad de funcionamiento a nivel ATM y a nivel de trama desarrollados en el presente anexo pueden servir de base para establecer objetivos de calidad de funcionamiento para la retransmisión de tramas cuando es soportada por el ATM o tiene interfuncionamiento con éste.

#### C.2 Motivos para relacionar los parámetros de calidad de funcionamiento a nivel de trama y a nivel ATM

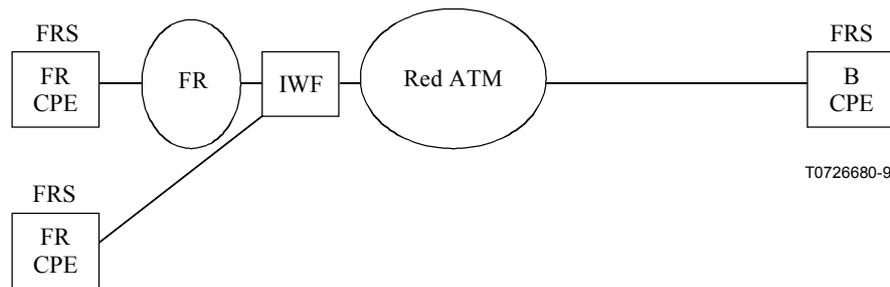
Una relación adecuada entre los parámetros de calidad de funcionamiento de la red tanto para la transferencia de tramas y la transferencia de células debe permitir la determinación de la calidad de funcionamiento de extremo a extremo para los dos escenarios de interfuncionamiento presentados en la figura C.1. Además, para un segmento de conexión que soporta el servicio de retransmisión de tramas mediante tecnología ATM, dicha relación permitiría también estimar la calidad de funcionamiento a nivel de trama de un segmento de conexión midiendo la calidad de funcionamiento a nivel ATM del citado segmento.

En la figura C.1, una conexión virtual de extremo a extremo (o de CPE a CPE) puede dividirse en dos o más "segmentos de conexión" estableciendo un punto de medición (MP, *measurement point*) cerca de cada IWF. La calidad de funcionamiento de extremo a extremo de dicha conexión virtual podría estimarse midiendo la calidad de funcionamiento de cada segmento de conexión y combinando luego adecuadamente las degradaciones de calidad de funcionamiento medidas en cada segmento. Como algunos de estos segmentos de conexión utilizan tecnología orientada a las tramas y otros tecnología orientada al ATM, la determinación de la calidad de funcionamiento extremo a extremo de la red por este método exige un modo apropiado de relacionar los parámetros de calidad de funcionamiento basados en estas dos tecnologías.

En un segmento de conexión dado que utilice tecnología ATM para soportar el servicio de retransmisión de tramas, podría ser operacionalmente útil establecer la relación entre las características de calidad de funcionamiento de ese segmento en materia de retardo, pérdida y errores, y su influencia en las características análogas de calidad de funcionamiento orientadas a las tramas.



a) Escenario 1 de interfuncionamiento de redes



T0726680-96

b) Escenario 2 de interfuncionamiento de redes

ATM	Modo de transferencia asíncrono ( <i>asynchronous transfer mode</i> )
B	Banda ancha ( <i>broadband</i> )
CPE	Equipo en las instalaciones del cliente ( <i>customer premises equipment</i> )
FR	Retransmisión de tramas ( <i>frame relay</i> )
FRS	Servicio con retransmisión de tramas ( <i>frame relay service</i> )
IWF	Función de interfuncionamiento ( <i>interworking function</i> )

**Figura C.1/X.144 – Algunos escenarios de interfuncionamiento FR-ATM**

### C.3 Parámetros de retransmisión de tramas considerados

Los parámetros a nivel de trama<sup>13</sup> pertinentes son:

- retardo de transferencia de tramas (FTD, *frame transfer delay*) de información de usuario;
- tasa de pérdida de tramas (FLR, *frame loss ratio*) de información de usuario;
- tasa de errores de trama residuales (RFER, *residual frame error ratio*);
- velocidad de tramas extra (EFR, *extra frame rate*).

Hay por lo menos dos factores que influyen en la correlación del FTD con el retardo de transferencia de células (CTD, *cell transfer delay*). En primer lugar, los escenarios de interfuncionamiento FR-ATM establecen la correspondencia (también llamada multiplexación) de los identificadores de canal de enlace de datos (DLCI, *data link channel identifiers*) a nivel FR hacia los identificadores de canal virtual (VCI, *virtual channel identifiers*) a nivel ATM. Se han tratado dos tipos de esquemas de correspondencia: los que relacionan un DLCI con un VCI (denominados multiplexación 1 a 1) y los que relacionan varios DLCI con un VCI (la llamada multiplexación N a 1).

<sup>13</sup> Este anexo no considera la tasa de distorsión de tráfico conforme para tramas ni los parámetros potenciales relacionados con el flujo de tramas.

El tipo escogido de esquema de correspondencia puede influir en la relación entre CTD y FTD, ya que el esquema de correspondencia N a 1 podría incluir también la memorización intermedia de información recibida de varios DLCI en espera de que se presente una oportunidad para transmitirlos al VCI designado. Además, parte de la capacidad de transferencia de información de un VCI puede utilizarse para transferir no sólo células de información de usuario sino también células de operaciones y mantenimiento (OAM, *operations and maintenance*). Si un VCI está transfiriendo al mismo tiempo células OAM y células de información de usuario portadoras de información de un servicio con retransmisión de tramas, merece cierta consideración la identificación de la capacidad disponible para las células de información de usuario, aun cuando las repercusiones de la transferencia de células OAM en el FTD sean probablemente mínimas.

La FLR puede relacionarse con la tasa de pérdida de células (CLR, *cell loss ratio*) y otros parámetros de calidad de funcionamiento, ya sea cuando se conoce el tamaño de la trama o se le supone un tamaño nominal. Este caso se examina más en detalle en C.4.

La RFER puede relacionarse con la tasa de errores de células (CER, *cell error ratio*), ya sea cuando se conoce el tamaño de la trama o se le supone un tamaño nominal. Sin embargo, el desarrollo de esta relación requiere tomar en cuenta el desglose de la verificación por redundancia cíclica del nivel de trama durante las operaciones de detección de errores. Esta relación queda en estudio.

La EFR es en esencia análoga a la velocidad de inserción incorrecta de células (CMR, *cell misinsertion rate*). Los eventos de referencia para cada uno de estos parámetros pueden ser causados por un error no detectado o incorrectamente corregido en el campo de identificador de canal (o sea, el DLCI o el VPI-VCI), o una conversión de etiquetas de identificador de canal incorrectamente programada.

#### **C.4 Relación entre los parámetros de pérdida de información de usuario para retransmisión de tramas y ATM**

Veamos ahora la relación entre la tasa de pérdida de tramas de información de usuario (FLR), la tasa de pérdida de células (CLR) y otros parámetros de calidad de funcionamiento pertinentes. Se supone una longitud de trama de  $F_{\text{células}}$  o  $F_{\text{bits}}$  equivalente<sup>14</sup>.

La FLR está definida en un segmento de conexión delimitado entre dos puntos de medición (MP) como la proporción del número de resultados de tramas perdidas en el total de tramas perdidas, transferidas con éxito con errores residuales. El denominador de esta relación puede interpretarse como la suma de todas las tramas transmitidas a un segmento de conexión dado durante el periodo de tiempo de interés. Nuestro método consiste en estimar primero la probabilidad de pérdidas de tramas para cada uno de los mecanismos identificados, comparando luego cada una de esas probabilidades con la relación entre el número de tramas perdidas en virtud de un mecanismo determinado y el número total de tramas transmitidas al segmento de conexión durante el periodo de interés común, para obtener finalmente la suma de las probabilidades inherentes a todos los mecanismos identificados.

Se produce un resultado de trama perdida en un segmento de conexión cuando no consigue producirse un evento de entrada de trama al cabo del intervalo de tiempo  $T_{\text{máx}}$  establecido a partir del evento de salida de trama correspondiente o cuando es nula la CRC de la trama recibida conforme al

---

<sup>14</sup> Puesto que una célula requiere 53 octetos,  $F_{\text{bits}} = 424 \times F_{\text{células}}$ , representando  $F_{\text{bits}}$  el número total de bits necesarios para transportar la trama en el nivel ATM.  $F_{\text{células}}$  se determina a partir de la longitud de trama y considerando que la AAL 5 se utiliza para transportar tramas de retransmisión de tramas. Cada célula utilizada para transportar una trama dada contendría hasta 48 octetos de información de retransmisión de tramas, mientras que la última célula utilizada para esa trama contendría 8 octetos de información específica de la AAL 5.

evento de entrada de trama correspondiente. De acuerdo con esta definición, pueden identificarse cinco mecanismos que producen pérdida de tramas:

- 1) pérdida de tramas debida a eventos de degradación en ráfaga que contienen errores binarios múltiples, pérdidas de células y/o inserción incorrecta de células;
- 2) pérdida de trama debida a errores aleatorios (de fondo) de un solo bit;
- 3) pérdida de trama debida a la pérdida (de fondo) de una o varias células integrantes, por ejemplo, desbordamiento de la memoria tampón a nivel de célula;
- 4) pérdida de trama debida a la inserción incorrecta (de fondo) de una célula;
- 5) pérdida de tramas debida a fallos de la unidad de tratamiento a nivel de tramas, por ejemplo, desbordamiento de la memoria tampón a nivel de trama o saturación de la unidad de tratamiento a nivel de trama.

El mecanismo 1) responde por las repercusiones de todas las degradaciones en ráfaga perceptibles a nivel de ATM, mientras que los mecanismos 2), 3) y 4) son causantes de las repercusiones independientes de los tipos de degradaciones de fondo perceptibles a nivel de ATM y que persisten aun después de contar y eliminar las deficiencias de ráfaga. El mecanismo 5) es causante de las degradaciones (tanto de tipo de ráfaga como de fondo) que se producen exclusivamente a nivel de trama, por lo que no se perciben a nivel de célula. Supongamos que estos cinco mecanismos son independientes entre sí. En tal caso, aplicando el método ya mencionado, el valor de FLR en un segmento de conexión particular durante un periodo de tiempo determinado está representado por:

$$FLR = FLR_{ráfaga} + FLR_{error} + FLR_{CLR} + FLR_{CMR} + FLR_{trama} \quad (C-1)$$

donde  $FLR_{ráfaga}$  es la tasa de pérdida de tramas debida a eventos de degradaciones en ráfaga,  $FLR_{error}$  es la FLR debida a errores aleatorios de un solo bit,  $FLR_{CLR}$  es la FLR debida a la pérdida de células integrantes,  $FLR_{CMR}$  es la FLR debida a inserción incorrecta de células y  $FLR_{trama}$  es la FLR debida a fallos de la unidad de tratamiento a nivel de trama. El resto de esta subcláusula considera el componente de FLR debido a cada uno de estos mecanismos.

#### C.4.1 Deficiencias de tipo ráfaga

Consideremos en primer lugar la probabilidad de pérdida de tramas debida a deficiencias de tipo ráfaga. La tasa de bloques de células con muchos errores (SECBR, *severely errored cell block ratio*), medida en un segmento de conexión dado durante un periodo de tiempo de interés, puede utilizarse para limitar la posibilidad de que se produzcan en ese lapso degradaciones de tipo ráfaga que contengan errores binarios, pérdida de células y/o inserción incorrecta de las mismas. Queda por establecerse la relación entre la longitud de una trama,  $F_{células}$ , y la longitud de un bloque de células,  $B_{células}$ <sup>15</sup>. Vamos a considerar tres casos posibles:

- $F_{células} \ll B_{células}$ ;
- $F_{células} \gg B_{células}$ ;
- $F_{células} \approx B_{células}$ .

NOTA – Si sólo se soportan tramas de un tamaño 512 o menores, se aplica únicamente el primer caso.

<sup>15</sup> La longitud del bloque de células según se define en UIT-T I.356 está relacionada con la velocidad de células de cresta (PCR, *peak cell rate*). La longitud mínima es de 128 células, siendo la longitud máxima de 32 768 células. Dada una longitud máxima de trama de 512 octetos, 5 octetos suplementarios y una AAL 5, el número de tramas contenidas en un bloque de 128 células es  $(128 \times 48 - 8)/(512 + 5) = 12$  tramas, mientras que el número de tramas contenidas en un bloque de 32 768 células se eleva a 3014.

Si  $F_{\text{células}}$  es considerablemente menor que  $B_{\text{células}}$ , la proporción de tramas afectadas por degradaciones de tipo ráfaga resulta cercana a la de bloques de células con muchos errores, aquí denominados SECBR.

Por lo tanto:

$$FLR_{\text{ráfaga}} = \text{SECBR} \quad (\text{C-2a})$$

En cambio, si  $F_{\text{células}}$  es considerablemente mayor que  $B_{\text{células}}$ , cualquiera de los bloques de células ( $F_{\text{células}}/B_{\text{células}}$ )<sup>16</sup> tendría, en caso de presentar muchos errores, consecuencias para la trama considerada. El grado de probabilidad de que una trama de tal longitud no sufra tales consecuencias es:

$$(1 - \text{SECBR})^{F_{\text{células}}/B_{\text{células}}}$$

La FLR originada en este mecanismo es el complemento lógico de lo que precede, es decir la probabilidad de que una trama de tal longitud se vea afectada por uno o más bloques de células con muchos errores, o sea:

$$FLR_{\text{ráfaga}} = 1 - (1 - \text{SECBR})^{F_{\text{células}}/B_{\text{células}}} \quad (\text{C-2b})$$

Para valores de  $F_{\text{células}}$  y  $B_{\text{células}}$  aproximadamente iguales, un solo bloque de células con muchos errores repercutirá generalmente en dos tramas, de modo que:

$$FLR_{\text{ráfagas}} = 2 \text{ SECBR} \quad (\text{C-2c})$$

Observamos que un método alternativo para estimar las repercusiones a nivel de trama de las degradaciones de tipo ráfaga sería aplicar un parámetro de nivel físico, como el número de segundos con muchos errores por día o el tiempo que requiere cada día la ejecución de conmutaciones de protección. La conveniencia o no de este otro método queda en estudio.

#### C.4.2 Errores de un solo bit

Veamos ahora la probabilidad de pérdida de tramas debido a errores de un solo bit independientes entre sí. Supongamos que la probabilidad de un error de un solo bit esté dada por la tasa de errores de bit (BER, *bit error ratio*). La probabilidad de que una trama de  $F_{\text{bits}}$  de longitud no se vea afectada por un error de un solo bit aleatorio equivale a:

$$(1 - \text{BER})^{F_{\text{bits}}}$$

La FLR debida a este mecanismo es el complemento lógico de lo que antecede, es decir la probabilidad de que semejante trama se vea afectada por uno o más errores de un solo bit aleatorios, o sea:

$$FLR_{\text{error}} = 1 - (1 - \text{BER})^{F_{\text{bits}}} \quad (\text{C-3})$$

Observamos que, en principio, podrían establecerse primero relaciones entre los parámetros de errores de bits a nivel físico y la tasa de errores de células (CER), y luego las que existen entre la CER y esta  $FLR_{\text{error}}$ .

#### C.4.3 Pérdidas de células

Consideremos ahora la probabilidad de pérdida de tramas como consecuencia de pérdidas independientes de células. Supongamos que la probabilidad de una pérdida de célula única esté dada

<sup>16</sup> O más exactamente,  $[F_{\text{células}}/B_{\text{células}}]$ , donde  $[x]$  representa el menor entero mayor o igual a  $x$ .

por la tasa de pérdida de células (CLR). La probabilidad de que en una trama de  $F_{\text{células}}$  de longitud no se registre una célula perdida es:

$$(1 - \text{CLR})^{F_{\text{células}}}$$

La FLR debida a este mecanismo es el complemento lógico de lo que antecede, es decir la probabilidad de que una trama así sufra la pérdida de una o más células, o sea:

$$\text{FLR}_{\text{CLR}} = 1 - (1 - \text{CLR})^{F_{\text{células}}} \quad (\text{C-4})$$

#### C.4.4 Inserción incorrecta de células

Consideremos la probabilidad de pérdida de tramas debida a un incidente aleatorio de inserción incorrecta de células. Conocidas la velocidad de inserción incorrecta de células (CMR) y la velocidad de células de cresta (PCR) aplicables a la conexión ATM, la proporción de células recibidas con errores de inserción es  $\text{CMR}/\text{PCR}$ . Supongamos que esta fracción representa la probabilidad de un error de inserción de una sola célula. La probabilidad de que en una trama de  $F_{\text{células}}$  de longitud no se produzca una inserción incorrecta de célula es entonces:

$$(1 - \text{CMR}/\text{PCR})^{F_{\text{células}}}$$

La FLR debida a este mecanismo es el complemento lógico de lo que antecede, es decir la probabilidad de que en una trama así se produzcan una o más pérdidas de células, o sea:

$$\text{FLR}_{\text{CMR}} = 1 - (1 - \text{CMR}/\text{PCR})^{F_{\text{células}}} \quad (\text{C-5})$$

#### C.4.5 Fallos de tratamiento a nivel de trama

Por último, consideremos la probabilidad de pérdida de tramas debida a fallos de tratamiento a nivel de trama. Ello depende de los procesos por encima de los niveles físico y de ATM, por lo que cae fuera del alcance de la presente Recomendación. Podría estimarse el valor  $\text{FLR}_{\text{trama}}$  mediante métodos basados en tramas y sustituirlo en la ecuación C-1, junto con los resultados de las ecuaciones C-2, C-3, C-4 y C-5.

## APÉNDICE I

### Estimación por muestreo de los parámetros de disponibilidad PVC

#### I.1 Prueba mínima para determinar la disponibilidad del servicio PVC

La definición de la disponibilidad del servicio de circuito virtual permanente (PVC) exige que la calidad de funcionamiento observada de los cuatro parámetros de decisión se comparen con los umbrales de interrupción. Si la prueba siguiente se realiza con éxito una vez, se considera suficiente para declarar disponible la sección PVC. Un solo fallo de una sección en satisfacer cualquiera de los cuatro criterios individuales se considera suficiente para declarar indisponible la sección PVC. Esta prueba y sus criterios de decisión se consideran los mínimos criterios necesarios para comprobar la disponibilidad de la sección.

La prueba de disponibilidad mínima puede ser efectuada en uno u otro sentido a través de la sección por equipo y componentes fuera de la sección. Para asegurar que la prueba de disponibilidad no falla de resultados de una entrada insuficiente o excesiva, se necesita un intento de cinco minutos para mantener el tráfico  $\text{DE} = 0$  conforme con CIR, si  $\text{CIR} > 0$ , y de tráfico  $\text{DE} = 1$  conforme con EIR, si  $\text{CIR} = 0$ . Hay tres criterios para decidir si la prueba ha fallado o ha tenido éxito:

- 1a) ( $\text{CIR} > 0$ ) – La prueba falla si la  $\text{FLR}_c$  es mayor que  $C_1$ ;
- 1b) ( $\text{CIR} > 0$ ) – La prueba falla si la  $\text{FLR}_e$  es mayor que  $C_2$ ;

- 2) la prueba falla si la RFER es mayor que  $C_3$ ;
- 3) la prueba falla si la velocidad de tramas extra es mayor que  $C_4$ .

Si una prueba cumple los criterios de decisión, la prueba tiene éxito y se considera que el PVC soportado por la sección que está disponible durante la prueba. Si la sección falla la prueba para uno o más criterios de decisión, se considera que el PVC soportado por la sección ha estado indisponible durante el tiempo de la prueba.

## I.2 Procedimientos para estimar la disponibilidad del servicio PVC

Una estimación suficiente del porcentaje de disponibilidad del servicio PVC puede calcularse como sigue. Sobre la base de una estimación *a priori* de la disponibilidad del servicio, se elige un tamaño de muestra  $s$ , no inferior a 300. Se eligen  $s$  instantes de prueba durante un tiempo de servicio programado, que se distribuyen en un largo periodo de medición (por ejemplo, 6 meses). Debido a las duraciones previstas de las interrupciones del servicio, no se eligen dos instantes de prueba más próximos entre sí que 7 horas (lo que sirve para mantener no correlacionadas las observaciones). Los instantes de prueba deben distribuirse uniformemente a lo largo del tiempo de servicio programado. En cada instante de prueba predeterminado, se efectúa la prueba de disponibilidad descrita en I.1. Si la prueba falla, la sección se declara indisponible para esa muestra. En otros casos, la sección se declara disponible. La estimación del porcentaje de disponibilidad del servicio PVC es el número de veces que la sección se declaró disponible, multiplicado por 100, y dividido por el número total de muestras.

## I.3 Procedimientos para estimar el tiempo medio entre interrupciones del servicio PVC

Puede calcularse una estimación suficiente del parámetro tiempo medio entre interrupciones del servicio PVC tomando muestras consecutivas de la característica de disponibilidad y contando los cambios observados del estado de disponibilidad al estado de indisponibilidad.

Antes de efectuar cualquier prueba, se eligen  $k$  intervalos de tiempo disjuntos, no inferior cada uno a 30 minutos ni superior a 3 horas. La cantidad total de tiempo en los intervalos  $k$  debe ser superior a tres veces la estimación *a priori* del tiempo medio entre interrupciones del servicio PVC. Mientras dura cada intervalo predefinido, se toman muestras de característica de disponibilidad consecutivas. La cantidad de tiempo observada en el estado de disponibilidad se añadirá a un contador acumulado llamado  $A$ . El número de transiciones observadas del estado al estado de indisponibilidad se acumularán en un contador llamado  $F$ <sup>17</sup>.

Para cada intervalo predefinido:

- a) Si todas las muestras de disponibilidad consecutivas tienen éxito, se añade entonces la longitud total del intervalo a  $A$ . No se cambia el valor acumulado de  $F$ .
- b) Si tiene éxito la primera muestra de disponibilidad y falla cualquier muestra posterior en el intervalo, se aumenta  $F$  en uno. Se añade a  $A$  la longitud total de todas las muestras de disponibilidad anteriores al primer fallo. Tras la primera muestra de disponibilidad fallida, el tiempo restante del intervalo puede descartarse sin probar su disponibilidad.
- c) Si falla la primera muestra de disponibilidad, se supone que la transición de estado se produjo antes de que comenzara el intervalo. No se añade nada a la cuenta del tiempo de disponibilidad observado,  $A$ . No se añade nada a la cuenta acumulada de los cambios de estado observados,  $F$ . El tiempo restante del intervalo puede descartarse sin probar su disponibilidad.

---

<sup>17</sup> Cada contador se pone inicialmente a cero.

Después de haber acumulado los resultados de cada intervalo predefinido, la tasa,  $A/F$ , es una estimación del tiempo medio entre interrupciones del servicio PVC. Puede obtenerse una estimación estadísticamente más precisa aumentando el número de intervalos observados,  $k$ .

La estimación del tiempo medio entre interrupciones del servicio PVC supone que, si una interrupción comienza durante una muestra de la característica de disponibilidad, esta muestra o la siguiente decidirán que la sección está indisponible. Ésta es una hipótesis razonable, ya que las interrupciones del servicio, a diferencia de los fallos transitorios, durarán más de 5 minutos.

Descartar el resto del intervalo que sigue a una muestra de disponibilidad fallida es práctico y estadísticamente justificable. La sección PVC debe retornar al estado de disponibilidad antes que pueda acumularse algún tiempo de disponibilidad más y antes de que puedan observarse más transiciones al estado de indisponibilidad. En primer lugar, el tiempo previsto para restablecer el servicio PVC puede ser grande con relación al tiempo restante del intervalo. Puede ser inapropiado y contraproducente continuar probando una sección de red fallida o congestionada. En segundo lugar, si las transiciones al estado de indisponibilidad son estadísticamente independientes, el descarte del resto del intervalo, que puede incluir tiempo en el estado de disponibilidad, no sesgará el resultado<sup>18</sup>. La única consecuencia de interrumpir la prueba es la pérdida de tiempo de prueba. Para minimizar esa pérdida, los intervalos de tiempo deben ser cortos con relación a la suma del tiempo previsto para restablecer el servicio PVC y el tiempo previsto entre interrupciones del servicio PVC. Así, cada prueba no debe durar más de 3 horas.

Existen dos fuentes de sesgo en el procedimiento de estimación descrito en I.3. En primer lugar, si una interrupción comienza durante la última muestra de disponibilidad del intervalo, esa transición puede o no causar el fallo de la muestra. Si no falla, la transición de estado se pierde, y se sobrestima el tiempo medio entre interrupciones del servicio PVC. En segundo lugar, una transición de estado o al estado de indisponibilidad durante la primera muestra de disponibilidad del intervalo puede o no causar el fallo de la muestra. De acuerdo con el procedimiento de la estimación, si la muestra falla, el intervalo se descartará, se pierde la transición de estado, y el tiempo medio entre interrupciones del servicio PVC es sobrestimado. Estos efectos secundarios pueden minimizarse aumentando la longitud de cada intervalo, aumentando consiguientemente el número de muestras de disponibilidad, y disminuyendo así el efecto de los primeros y últimos resultados de muestra como una proporción de los resultados muestreados totales. Una longitud de intervalo mínima recomendada es de 30 minutos, utilizando muestras de disponibilidad de 5 minutos.

Alternativamente, ambos sesgos pueden corregirse sustituyendo la instrucción a) de I.3 por:

- a) Si tienen éxito todas las muestras de disponibilidad consecutivas, se añade entonces la longitud total del intervalo a  $A$ . Se toma una muestra de disponibilidad adicional inmediatamente después del intervalo. Si falla esa muestra, se aumenta  $F$  en uno. Si tiene éxito esa muestra, no se cambia  $F$ . La longitud de la muestra adicional no tiene efecto en  $A$ .

Esta modificación identifica cualesquiera transiciones de estado que se produzcan durante la última muestra del intervalo y elimina la primera fuente de sesgo. Cuenta también determinadas transiciones que se produjeron fuera del intervalo. Estas transiciones se cuentan con la misma probabilidad que la probabilidad de que la segunda fuente de sesgo descarte inapropiadamente transiciones. Así pues, este procedimiento modificado corrige ambas fuentes de sesgo. Utilizando esta modificación, el tiempo medio entre interrupciones del servicio PVC puede estimarse con más exactitud.

---

<sup>18</sup> Si las interrupciones tienden a agruparse, interrumpir una prueba después de una transición al estado de indisponibilidad tenderá a sobrestimar el tiempo medio entre interrupciones del servicio. Si las interrupciones tienden a agruparse negativamente, interrumpir una prueba después de una transición al estado de indisponibilidad tenderá a subestimar el tiempo medio entre interrupciones del servicio.

## APÉNDICE II

### Notificación de congestión

#### II.1 Efectos de FECN, BECN y CLLM sobre la calidad de funcionamiento

Los proveedores de redes pueden utilizar los bits FECN y BECN y/o las tramas CLLM para señalar información sobre la utilización de recursos de red, ayudando así a los usuarios a evitar o a aliviar los efectos de la congestión. Por esta razón, algunos DTE o aplicaciones pueden responder automáticamente a las FECN, BECN y/o CLLM reduciendo o suavizando el tráfico de tramas ofrecido más de lo que requieren los descriptores de tráfico *a priori*. Así, la utilización de FECN, BECN, y CLLM por una red puede repercutir directamente en el caudal y en la calidad de funcionamiento observada por los usuarios finales.

#### II.2 Control de los efectos sobre la calidad de funcionamiento

Ni la utilización por la red de FECN, BECN y CLLM ni la respuesta apropiada de los usuarios están normalizadas. Así pues, en la actualidad no hay un modo mutuamente aceptable de normalizar los límites de la utilización de estas significativas señales de calidad de funcionamiento. Entretanto, pueden formularse las siguientes recomendaciones:

- Si un proveedor de red espera que sus usuarios respondan a FECN, BECN o CLLM reduciendo temporalmente o suavizando su tráfico ofrecido más de lo que requieren los descriptores *a priori*, estos proveedores de red deben:
  - 1) definir precisamente cómo deben responder los usuarios<sup>19</sup>;
  - 2) establecer límites de la frecuencia y la duración de dichos periodos; y
  - 3) explicar el riesgo adicional que corre el usuario al no tener en cuenta estos periodos.
- Los usuarios deben determinar su interpretación de FECN, BECN y CLLM por el proveedor de la red, y deben tratar luego de optimizar sus respuestas a estas señales.
- En lugar de información específica sobre cómo responder a FECN, BECN y CLLM, o en lugar de límites a su utilización, los usuarios completamente conformes a sus descriptores de tráfico *a priori* pueden suponer que los objetivos de calidad de funcionamiento de la red (FTD, FLR, etc.) serán satisfechos independientemente de FECN, BECN y CLLM.

(Véase también en el apéndice III los efectos de la excesiva demanda de recursos de conexión en la calidad de funcionamiento medida.)

## APÉNDICE III

### Efectos de la demanda excesiva de recursos de conexión sobre la calidad de funcionamiento

Los parámetros de esta Recomendación están diseñados para medir la calidad de funcionamiento de los elementos de red entre pares de fronteras de sección. Sin embargo, los usuarios de esta Recomendación deben ser conscientes de que el comportamiento de los elementos de sección fuera del par de fronteras puede influir negativamente en la calidad de funcionamiento medida de los elementos comprendidos entre las fronteras. Dos ejemplos importantes son:

---

<sup>19</sup> Se señala que algunos proveedores de redes también piden que los usuarios respondan a las tramas perdidas iniciando o ampliando los periodos de reducción de carga.

### **III.1 Aparición de ráfagas simultáneas imprevistas en la línea de acceso**

Puede haber ocasiones en las que ráfagas simultáneas procedentes del conjunto de conexiones de una sección de circuito de acceso rebasen la capacidad física de la línea. Al aceptar este conjunto de conexiones, el proveedor de la red y el abonado habían previsto una correlación temporal negativa entre ráfagas de tramas, pero por razones imprevistas esta suposición no resulta cierta. Durante tales eventos, la calidad de funcionamiento aparente de la red entre las fronteras de sección especificadas se degradará, lo que puede resultar, en particular, en aumentos del número de FECN, BECN y CLLM (véase el apéndice II) así como del número de FLR, FTD, FCTDR, o alguna combinación de estos efectos.

### **III.2 Plena utilización de las líneas de acceso sobreabonadas**

En particular, cuando intervienen PVC, los proveedores de redes pueden permitir a un abonado establecer múltiples conexiones por una sección de circuito de acceso con una CIR mayor que la capacidad física del circuito de acceso. Esto permite al abonado aprovechar el hecho de que no todas estas conexiones estarán activas simultáneamente. Sin embargo, la calidad de funcionamiento aparente de la red se degradará si el abonado abusa de esta posibilidad. En particular, los intentos de aprovechar toda esta capacidad de sobreutilización resultarán en un aumento de FECN, BECN y CLLM (véase el apéndice II), y de FLR, FTD, FCTDR, o de alguna combinación de estos efectos. En el peor caso, los intentos de sobreutilizar esta capacidad pueden parecer como un estado de indisponibilidad.

## **APÉNDICE IV**

### **Método de estimación de la FLR: Extracción de la FLR**

Como se indica en el cuerpo principal de la presente Recomendación, se permite cualquier método válido estadísticamente de estimación de la FLR, o cualquier otro parámetro de calidad de funcionamiento de la misma Recomendación. En este apéndice se especifica una metodología de obtención de la FLR basada en datos de red tales como los registradores de contabilidad, las estadísticas de conmutación y las alarmas generadas en las redes que proporcionan el servicio de retransmisión de tramas por circuito virtual permanente (PVC). Dentro de sus limitaciones, este método representa una manera eficaz desde el punto de vista económico de estimar la FLR en un PVC específico.

#### **IV.1 Limitaciones de la metodología de extracción de la FLR**

La metodología descrita en IV.2 es la apropiada para estimaciones a largo plazo (del orden de horas, o minutos) de la FLR, y no lo es en cambio para estimar la FLR a corto plazo (del orden de minutos o menos). En particular, este método no es aplicable para la estimación de la FLR cuando se trata de evaluar la disponibilidad del servicio con retransmisión de tramas (FR). El motivo de estas limitaciones está en la necesidad de que sea irrelevante la discrepancia entre el conjunto de tramas con las que se calculan las diversas estadísticas. A pesar de lo anterior, el método sirve para proporcionar una medida general de la calidad de funcionamiento de determinados PVC, y ha sido validado por operadores de red que utilizan métodos más rigurosos de estimación de la FLR.

#### **IV.2 Metodología de extracción de la FLR**

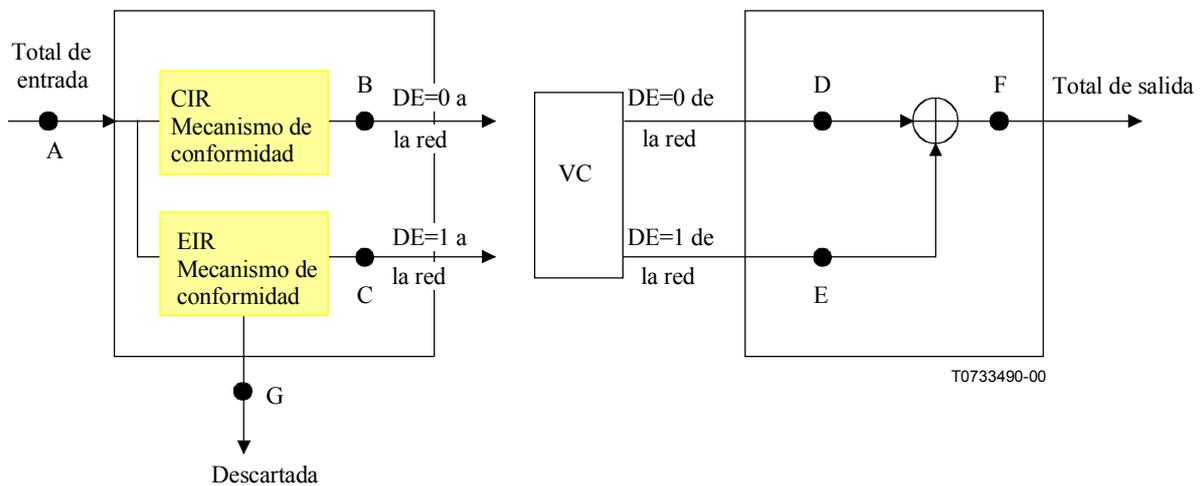
El método de extracción de la FLR explicado a continuación depende de las estadísticas sobre tramas acopiadas en ubicaciones de red específicas, como se muestra en la figura IV.1.

Para todas las conexiones PVC de la red de retransmisión de tramas se recoge la información siguiente:

- el número total de tramas de ingreso (A/figura IV.1);
- el número de tramas CIR enviadas a la red (B/figura IV.1);
- el número de tramas EIR enviadas a la red (C/figura IV.1);
- el número de tramas de egreso CIR (D/figura IV.1);
- el número de tramas de egreso EIR (E/figura IV.1);
- el número total de tramas de egreso (F/figura IV.1), y
- el número total de tramas descartadas (G/figura IV.1).

Utilizando los datos recogidos, la FLR se puede estimar como sigue:

- $FLR_c = \text{número de tramas de egreso CIR} / \text{número de tramas CIR enviadas a la red} = D/B$  (IV.1)
- $FLR_e = \text{número de tramas de egreso EIR} / \text{número de tramas EIR enviadas a la red} = E/C$  (IV.2)



**Figura IV.1/X.144 – Metodología de extracción de la FLR**

En la figura IV.1 todas las tramas con  $DE = 0$  calculado en B son aceptadas como tramas conformes y las tramas con  $DE = 0$  calculado en D son las que se transfieren con éxito a través de la red. Todas las tramas con  $DE = 1$  calculado en C son aceptadas como tramas conformes y las tramas con  $DE = 1$  calculado en E son las que se transfieren con éxito a través de la red.

La  $FLR_c$  de la presente Recomendación caracteriza el grado de transferencia por parte de una red de las tramas con  $DE = 0$  aceptadas como tramas conformes. La  $FLR_e$  caracteriza el grado de transferencia por parte de una red de las tramas con  $DE = 1$  aceptadas como tramas conformes. En otras palabras, la  $FLR_c$  corresponde a la probabilidad de que una trama con  $DE = 0$  aceptada como trama conforme se pierda a continuación. La  $FLR_e$  es la probabilidad de que una trama con  $DE = 1$  aceptada como trama conforme se pierda a continuación.

En consecuencia, dada la elevada correlación entre la población de tramas para las estadísticas generadas en las ubicaciones especificadas en la figura IV.1, se pueden utilizar las fórmulas (IV.1) y (IV.2) para estimar de manera precisa la FLR definida en esta Recomendación.

## SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie B	Medios de expresión: definiciones, símbolos, clasificación
Serie C	Estadísticas generales de telecomunicaciones
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
Serie G	Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedios
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Transmisiones de señales radiofónicas, de televisión y de otras señales multimedios
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	RGT y mantenimiento de redes: sistemas de transmisión, circuitos telefónicos, telegrafía, facsimil y circuitos arrendados internacionales
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
<b>Serie X</b>	<b>Redes de datos y comunicación entre sistemas abiertos</b>
Serie Y	Infraestructura mundial de la información y aspectos del protocolo Internet
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación