Reemplazada por una versión más reciente

UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

CCITT

X.138

COMITÉ CONSULTIVO
INTERNACIONAL
TELEGRÁFICO Y TELEFÓNICO

(09/92)

REDES DE COMUNICACIÓN DE DATOS

ASPECTOS DE RED

MEDIDA DE LOS VALORES DE CALIDAD DE FUNCIONAMIENTO DE REDES PÚBLICAS DE DATOS QUE PRESTAN SERVICIOS INTERNACIONALES DE CONMUTACIÓN DE PAQUETES

Recomendación X.138

Reemplazada por una versión más reciente

Reemplazada por una versión más reciente

PREFACIO

El CCITT (Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico) es un órgano permanente de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (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 Plenaria del CCITT, que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiarse y aprueba las Recomendaciones preparadas por sus Comisiones de Estudio. La aprobación de Recomendaciones por los miembros del CCITT entre las Asambleas Plenarias de éste es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución N.º 2 del CCITT (Melbourne, 1988).

La Recomendación X.138 ha sido preparada por la Comisión de Estudio I y fue aprobada por el procedimiento de la Resolución N.º 2 el 10 de septiembre de 1992.

NOTAS DEL CCITT

1) En esta Recomendación, la expresión «Administración» se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una Administración de telecomunicaciones como una empresa privada de explotación reconocida de telecomu-nicaciones.

2) En el anexo D, figura la lista de abreviaturas utilizadas en la presente Recomendación.

© UIT 1993

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.

Recomendación X.138

MEDIDA DE LOS VALORES DE CALIDAD DE FUNCIONAMIENTO DE REDES PÚBLICAS DE DATOS QUE PRESTAN SERVICIOS INTERNACIONALES DE CONMUTACIÓN DE PAQUETES

(1992)

El CCITT,

considerando

(a) que la Recomendación X.1 especifica las clases de servicio internacional de usuario en las redes públicas de datos;

(b) que la Recomendación X.2 especifica los servicios de transmisión de datos y facilidades facultativas de usuario internacionales en redes públicas de datos;

(c) que la Recomendación X.25 especifica el interfaz DTE/DCE para equipos terminales que funcionan en el modo paquete y están conectados a redes públicas de datos por circuitos especializados;

(d) que la Recomendación X.75 especifica el sistema de señalización con conmutación de paquetes entre redes públicas que prestan servicios de transmisión de datos;

(e) que la Recomendación X.96 especifica las señales de progresión de la llamada en redes públicas de datos;

(f) que la Recomendación X.110 especifica los principios de encaminamiento y el plan de encaminamiento internacional para redes públicas de datos;

(g) que la Recomendación X.213 define el servicio de capa de red interconexión de sistemas abiertos (OSI, *open systems interconnection*);

(h) que la Recomendación X.140 define los parámetros generales de calidad de servicio para la comunicación a través de redes públicas de datos;

(i) que la Recomendación X.134 especifica las fronteras entre los tramos de una conexión virtual internacional y los eventos de referencia de la capa de paquete para la definición de los parámetros de calidad de funcionamiento en el servicio con conmutación de paquetes;

(j) que la Recomendación X.135 especifica valores de calidad de funcionamiento con respecto a la velocidad de servicio (retardos y caudal) para las redes públicas de datos que prestan servicios internacionales de conmutación de paquetes;

(k) que la Recomendación X.136 especifica valores de calidad de funcionamiento con respecto a la precisión y la seguridad de funcionamiento (incluido el bloqueo) para las redes públicas de datos que prestan servicios internacionales de conmutación de paquetes;

(l) que la Recomendación X.137 especifica valores de calidad de funcionamiento con respecto a la precisión disponibilidad para las redes públicas de datos que prestan servicios internacionales de conmutación de paquetes;

(m) que la Recomendación X.139 especifica los DTE de eco, de extracción, de generación y de prueba para medir los valores de calidad de funcionamiento,

declara por unanimidad

que la presente Recomendación describe las distintas arquitecturas de medición que pueden utilizarse para medir valores de calidad de funcionamiento en redes públicas de datos con conmutación de paquetes.

1 Introducción

La presente Recomendación describe arquitecturas para medir valores de calidad de funcionamientos de redes públicas de datos con conmutación de paquetes. En el § 3 se define un método de medición que utiliza fuentes y sumideros controlados y supervisados. En el § 4 se describe un procedimiento de sincronización de los equipos de medida. El anexo A proporciona información detallada sobre el cálculo de estadísticos de la calidad de funcionamiento de redes con conmutación de paquetes. El anexo B contiene información sobre los factores que pueden afectar su observación y el anexo C da ejemplos de la utilización de las medidas.

Se señala que para estimar la calidad de funcionamiento de redes públicas de datos con conmutación de paquetes, también son aceptables otros dispositivos y procedimientos de medición que se ajusten a las definiciones de las Recomendaciones X.134, X.135, X.136 y X.137.

1.1 *Generalidades*

La medición de la calidad de funcionamiento de la red puede ser necesario por diversos motivos, entre los que cabe citar los siguientes:

- para facilitar la planificación de la red;
- por la inclusión de parámetros relativos a la calidad de funcionamiento de la red en disposiciones contractuales;
- por la necesidad de medir parámetros de calidad de servicio para otras Recomendaciones;
- porque las entidades que explotan la red pueden requerir descripciones generales del servicio.

1.2 *Parámetros que han de medirse*

Los valores de calidad de funcionamiento con respecto a la velocidad de servicio (retardos y caudal) para las redes públicas de datos con conmutación de paquetes definidos en la Recomendación X.135 son los siguientes:

- tiempo de establecimiento de la comunicación (Recomendación X.135, § 2)
- tiempo de transferencia de paquetes de datos (Recomendación X.135, § 3)
- caudal (Recomendación X.135, § 4)
- retardo de indicación de liberación (Recomendación X.135, § 5)
- retardo de confirmación de liberación (Recomendación X.135, § 5)

Nota – La Recomendación X.135 no especifica valores para este parámetro.

Los parámetros de calidad de servicio definidos en las Recomendaciones X.136 y X.137 son los siguientes:

- probabilidad de error en el establecimiento de la comunicación (Recomendación X.136, § 2)
- probabilidad de fallo en el establecimiento de la comunicación (Recomendación X.136, § 2)
- tasa de errores residuales (Recomendación X.136, § 3)
- probabilidad de estímulo de reiniciación (Recomendación X.136, § 3)
- probabilidad de reiniciación (Recomendación X.136, § 3)
- probabilidad de estímulo de desconexión prematura (Recomendación X.136, § 3)
- probabilidad de desconexión prematura (Recomendación X.136, § 3)
- probabilidad de fallo de liberación de la llamada (Recomendación X.136, § 4)
- disponibilidad (Recomendación X.137)

Debe señalarse que los valores previstos para muchos de los distintos parámetros de calidad de servicio definidos en la Recomendación X.136 se estiman dentro de límites razonables tomando probablemente un número excesivo de muestras (en el transcurso de las cuales puede haber cambiado la estructura o la calidad de funcionamiento de la red). Por ello, quizá no resulte práctico estimar estos parámetros entre un solo par de interfaces. Pueden estimarse los valores, no obstante, con más precisión promediándolos en toda la red.

1.3 *Requisitos de precisión de las mediciones*

1.3.1 *Objetivos de las mediciones*

Cuando se intenta estimar un determinado parámetro, hay que llegar siempre a una transacción entre costo y tamaño de la muestra, y como el costo de hacer una observación puede tener un efecto considerable sobre la estimación final obtenida, en la presente Recomendación no se indica un número mínimo de observaciones. Además, en determinadas situaciones, la estimación del parámetro con una gran precisión puede no ser tan crítica como en otras.

Como ejemplo de estimación de parámetros cabe citar las estimaciones de valores medios, varianzas, percentiles, modas, máximos y mínimos. Cuando se indique cualquiera de estos parámetros estimados, conviene siempre añadir una medida de la precisión de la estimación. La varianza de la estimación, o un intervalo de confianza de la estimación, son dos maneras comunes de expresar la precisión de la misma.

1.3.2 *Eventos de referencia*

El instante de ocurrencia de distintos eventos de referencia sirve de base para la definición de los parámetros de velocidad de servicio enumerados anteriormente. En esta Recomendación y en la Recomendación X.139 se especifican tiempos con respecto a eventos de salida y de entrada relativos al equipo de prueba. De este modo, el instante de ocurrencia de un evento de entrada en este equipo terminal de datos (DTE, *data terminal equipment*) es el instante en el cual el último bit de la bandera de cierre de la trama de capa 2 que transporta el paquete entra en el DTE desde una sección de circuito y el instante de ocurrencia de un evento de salida de este DTE es el instante en el cual el primer bit del campo de dirección de la trama de capa 2 que transporta el paquete entra en la sección de circuito desde el DTE.

En los cuadros 1/X.134 y 2/X.134 figuran listas generales de eventos de referencias de la capa de paquete de las Recomendaciones X.25/X.75, y la definición de un evento de referencia de la capa paquete figura en el § 3 de la Recomendación X.134.

2 Arquitecturas de medición

Este punto contiene una visión general de las distintas arquitecturas que pueden utilizarse para medir los parámetros de calidad de servicio de redes públicas de datos con conmutación de paquetes, especificados en las Recomendaciones X.135, X.136 y X.137, junto con consideraciones generales sobre la medición de los parámetros de calidad de funcionamiento.

2.1 *Consideraciones generales y metodologías de medición*

La metodología de medición general implica el establecimiento de la comunicación con un sumidero de datos y la generación de una cantidad conocida y suficiente de tráfico de paquetes. El protocolo y las señales de información de usuario transferidas a través de interfaces usuario/red (DTE/DCE) se observan en tiempo real y se compila una reseña cronológica de los eventos. La reseña se analiza a continuación para obtener una medida de los parámetros de calidad de funcionamiento.

Así pues, para las mediciones en redes con conmutación de paquetes se necesita una fuente, un sumidero y uno o más supervisores. La fuente transmite peticiones de establecimiento de la comunicación, paquetes de datos o peticiones de liberación de la llamada a través de los tramos que se prueban. El sumidero recibe y acusa recibo del procesamiento de la llamada o datos de los tramos que se prueban. La función del supervisor es registrar (o registrar y poner la indicación de tiempo) a los eventos de referencia pertinentes. La función o funciones del supervisor deben colocarse lo más cerca posible de las fronteras de los tramos que se prueban. Las diferencias de ubicación entre las funciones del supervisor y las fronteras apropiadas deben compensarse en el cálculo de la calidad de funcionamiento de los tramos.

Las fuentes y los sumideros pueden estar controlados o no controlados. Las fuentes y los sumideros controlados están bajo el control del programa de prueba y deben responder rápidamente a eventos que salen de los tramos que se prueban. Ejemplos de fuentes o sumideros controlados son los equipos de prueba autónomos, los soportes lógicos especiales dentro de equipos de red (por ejemplo, dentro de conmutadores de paquetes) y los programas especiales dentro de aplicaciones de los clientes. Las fuentes y los sumideros no controlados son fuentes o sumideros que no están bajo el control directo de un programa de prueba. Las fuentes y sumideros no controlados pueden no responder siempre rápidamente a eventos de red. Los ejemplos más importantes de fuentes y sumideros no controlados son las aplicaciones reales de un cliente, que generan y reciben tráfico de acuerdo con sus propias necesidades.

La función de supervisión puede ser facilitada por equipos de prueba autónomos «T» conectados en el interfaz de la Recomendación X.25 ó X.75 apropiado. Otra posibilidad, consiste en que la función de supervisión resida en el dispositivo de prueba que proporciona la función de fuente o sumidero. También pueden programarse los equipos de red (tales como los conmutadores de paquetes) y los equipos del cliente (por ejemplo, los DTE) para que registren eventos de referencia y realicen la función de supervisión.

Pueden utilizarse distintas combinaciones de supervisores y fuentes y sumideros controlados y no controlados para medir la calidad de funcionamiento de las redes de paquetes. La figura 1/X.138 ilustra algunas de estas posibilidades. Las arquitecturas se identifican especificando si la fuente y el sumidero están controlados (C) o no controlados (N), y si las dos fronteras de los tramos están supervisadas (M) o no están supervisadas (U). La notación (C,M/N,U) indica una fuente controlada, un sumidero no controlado, supervisados en la frontera de la fuente y sin supervisión en la frontera del sumidero. Cuando la fuente y el sumidero están controlados y hay funciones de supervisión sincronizadas en el tiempo en ambas fronteras (C,M/C,M), todos los parámetros definidos en las Recomendaciones X.135, X.136 y X.137 pueden medirse sin otras hipótesis. Otras arquitecturas de pruebas son más limitadas porque no pueden utilizarse para medir todos los parámetros.

En la Recomendación X.139 se describen algunas aplicaciones de la arquitectura (C,M/C,U) que utilizan DTE de extracción, de generación y de prueba.

En el § 4 de la presente Recomendación se describe un procedimiento de sincronización de los equipos de supervisión para utilizarlos junto con una arquitectura (C,M/C,M), a fin de medir el caudal y el retardo.

En el § 2.2 se enumeran los parámetros primarios de calidad de funcionamiento (especificados en las Recomendaciones X.135, X.136 y X.137) y se identifican las arquitecturas de prueba que pueden utilizarse para medirlos. En algunos casos, las arquitecturas de prueba pueden utilizarse para medir parámetros solamente si se establecen determinadas hipótesis adicionales y se describen dichas hipótesis.

2.2 *Parámetros de calidad de funcionamiento y arquitecturas de medición*

2.2.1 *Tiempo de establecimiento de la comunicación*

El tiempo de establecimiento de la comunicación se mide mejor con supervisores en ambas fronteras del tramo. Si se sabe que el sumidero acepta peticiones de establecimiento con un retardo constante o insignificante y si la probabilidad de eventos de error en el establecimiento de la comunicación es insignificante, el tiempo de establecimiento de la comunicación puede medirse sin un supervisor en el lado del sumidero sustrayendo el retardo conocido del sumidero de la medición en un solo lado.

2.2.2 *Tiempo de transferencia de paquetes de datos y retardo de indicación de liberación*

El tiempo de transferencia de paquetes de datos y el retardo de indicación de liberación requieren un supervisor en el lado del sumidero sincronizado en el tiempo con un supervisor en el lado de la fuente o con la propia fuente.

2.2.3 *Retardo de confirmación de liberación*

El retardo de confirmación de liberación sólo requiere una fuente (o sumidero) supervisada. Como es un parámetro local, el retardo de confirmación de liberación no se examina más detalladamente en esta Recomendación.

2.2.4 *Capacidad de caudal*

Las mediciones de la capacidad de caudal requieren fuentes y sumideros controlados que transmitan paquetes de datos y acusen recibo de los mismos rápidamente. En efecto, la capacidad de caudal de la fuente y del sumidero deben ser superiores o iguales a la capacidad de caudal de los tramos que se prueban.

Como se indica en el § 4.2 de la Recomendación X.135, el caudal en régimen permanente es el mismo cuando se mide en cada par de fronteras de tramo de una conexión virtual. Por tanto, suponiendo que no se pierde, ni se añade ni se invierte ningún bit de datos de usuario en la transferencia, puede efectuarse una medición de caudal en régimen permanente en cualquier frontera de tramo en una conexión virtual.

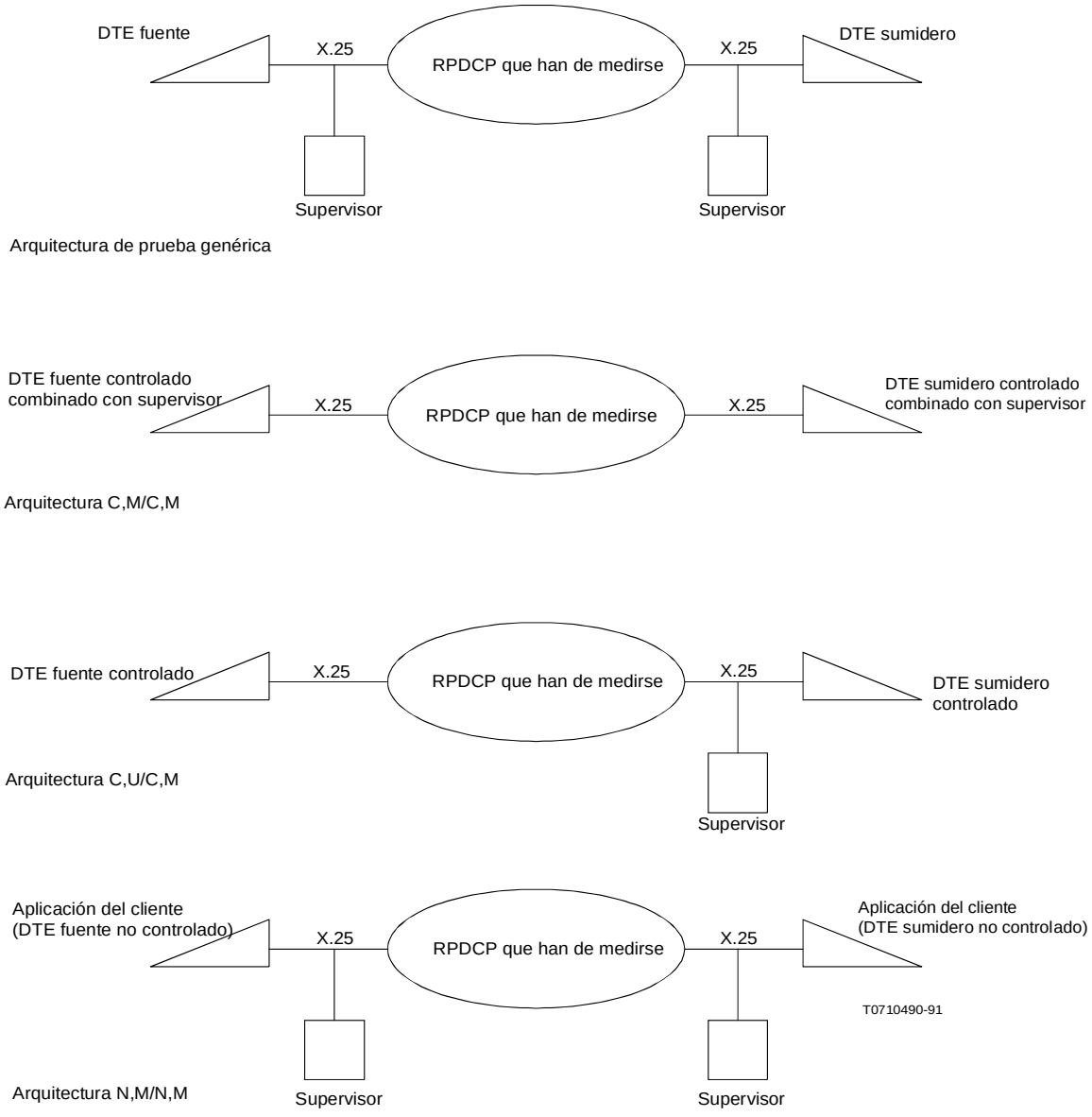


FIGURA 1/X.138
Ejemplos de arquitecturas

2.2.5 *Probabilidad de error en el establecimiento de la comunicación*

La probabilidad de error en el establecimiento de la comunicación sólo puede medirse si hay supervisión en ambas fronteras del tramo.

2.2.6 *Probabilidad de fallo en el establecimiento de la comunicación*

La probabilidad de fallo en el establecimiento de la comunicación se mide mejor con supervisores en ambas fronteras. El dispositivo sumidero debe ser lo suficientemente rápido como para no contribuir de manera significativa a la probabilidad de que expire la temporización. Si se puede confiar en que el sumidero acepta todos los intentos de establecimiento de comunicación, la probabilidad de fallo en el establecimiento de la comunicación puede medirse sin un supervisor en el lado del sumidero.

2.2.7 *Tasa de errores residuales*

La tasa de errores residuales requiere supervisión en ambas fronteras o que una fuente controlada transmita una secuencia conocida de datos de usuario. Ambas arquitecturas permiten comparar los datos de usuario transmitidos y recibidos.

2.2.8 *Calidad de funcionamiento con respecto a la reiniciación y la desconexión prematura*

La probabilidad de estímulo de reiniciación y la probabilidad de estímulo de desconexión prematura pueden medirse con un solo supervisor en una sola frontera. La probabilidad de reiniciación y la probabilidad de desconexión prematura requieren supervisores en ambas fronteras. Permiten distinguir las reiniciaciones y liberaciones que salen de los tramos que se prueban de las reiniciaciones y liberaciones estimuladas en la frontera distante.

2.2.9 *Probabilidad de fallo en la liberación de la llamada*

La probabilidad de fallo en la liberación de la llamada puede medirse mejor con supervisores en ambas fronteras. Si la transmisión de la petición de liberación por un dispositivo de prueba controlado está razonablemente bien sincronizada con el supervisor del lado del sumidero, el supervisor puede prever la liberación y observar los fallos en la liberación de la llamada.

2.3 *Bucles*

Los bucles proporcionan otra arquitectura de medición que permite utilizar un solo dispositivo de prueba como fuente y como sumidero. La figura 2/X.138 ilustra las dos posibilidades de utilización de bucles en mediciones de la calidad de funcionamiento de redes con conmutación de paquetes.

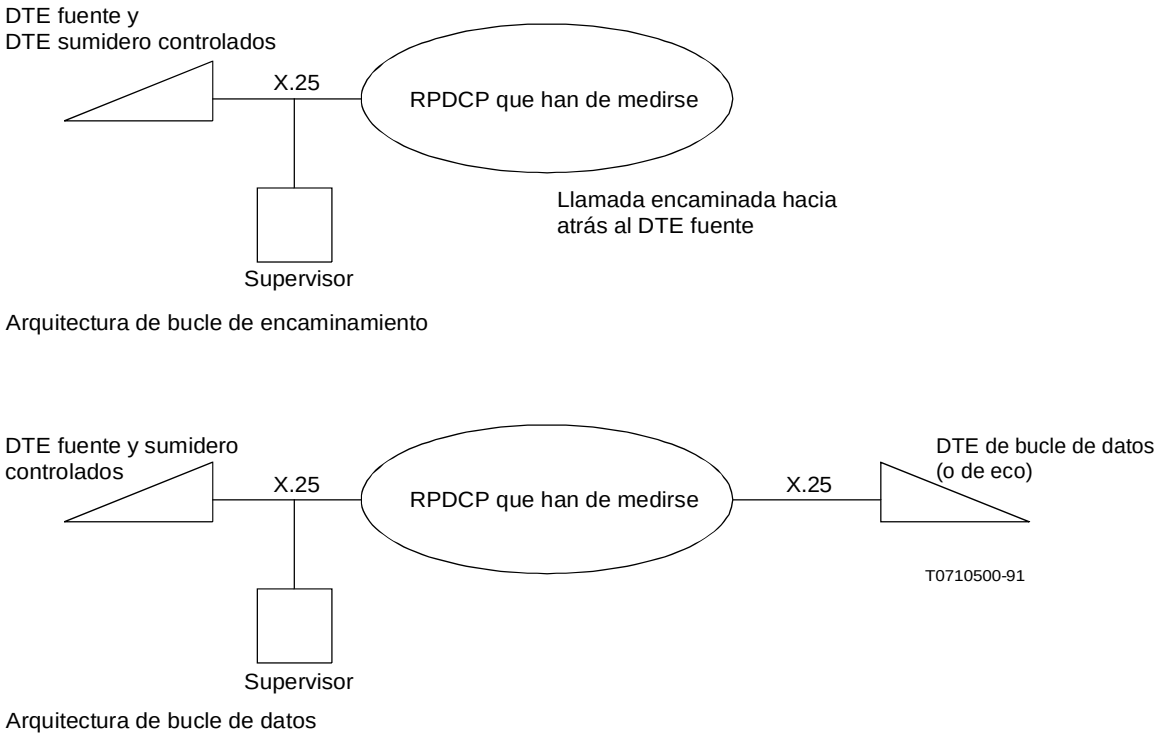


FIGURA 2/X.138
Arquitecturas de bucles

Los bucles de encaminamiento los establecen la red o las redes de paquetes encaminando circuitos virtuales a través de una o más funciones de conmutación (o a través de múltiples redes), hacia el interfaz de origen. El resultado es un circuito virtual que se origina en un canal lógico y termina en un canal lógico diferente en el mismo dispositivo de prueba. Puede utilizarse entonces un supervisor en la frontera del tramo para medir todos los parámetros primarios de calidad de funcionamiento. Si el bucle de encaminamiento difiere bastante de una conexión virtual ordinaria a través de los tramos (por ejemplo, en el número de conmutadores o en la distancia atravesada), deberán compensarse esas diferencias en los cálculos de la calidad de funcionamiento.

Pueden utilizarse bucles de datos para medir el tiempo de transferencia de los paquetes de datos, la capacidad de caudal y la tasa de errores residuales. Puede proporcionarse un bucle de datos mediante un soporte lógico especial dentro del equipo de la red, mediante equipos de prueba autónomos, o mediante programas de prueba especiales en las aplicaciones de los clientes. Un dispositivo de bucle de datos termina la conexión virtual, suprime los datos de los paquetes de datos entrantes y devuelve esos datos a través de la misma conexión virtual en nuevos paquetes de datos salientes. El bucle de datos debe acusar recibo rápidamente de los paquetes de datos y devolver los datos de usuario sin retardo o error significativos. Si los tramos que se prueban tienen retardos y tasas de errores residuales simétricos, el tiempo de transferencia de los paquetes de datos y la tasa de errores residuales son la mitad de lo que se calcula comparando los paquetes de datos salientes y entrantes en un supervisor del lado de la fuente. Las mediciones de capacidad de caudal efectuadas en una frontera supervisada dan el valor más pequeño de la capacidad de caudal en los dos sentidos.

En la Recomendación X.139 se describe una aplicación de estas técnicas, utilizando los DTE de eco y de prueba.

2.4 *Resumen de las arquitecturas de medición*

Las combinaciones posibles de fuentes y sumideros no controlados y fronteras supervisadas y no supervisadas dan doce arquitecturas diferentes. Los bucles de encaminamiento y los bucles de datos crean otras dos arquitecturas posibles. En el cuadro 1/X.138 se enumeran estas catorce arquitecturas con una indicación de su capacidad de medir cada parámetro primario.

CUADRO 1/X.138

Resumen de arquitecturas de medición

Medición	Parámetros primarios											
Arquitectura	csd	dpd	tc	cid	cep	cfp	rer	rsp	rp	pdsp	pdp	ccfp
CM/CM	Sí	Sí,1	Sí	Sí,1	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
NM/CM	Sí	Sí,1	No	Sí,1	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
CM/NM	Sí,2	Sí,1	No	Sí,1	Sí	Sí,2	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
NM/NM	Sí,2	Sí,1	No	Sí,1	Sí	Sí,2	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
CU/CM	No	Sí,3	Sí	Sí,3	No,4	No,4	Sí,5	Sí,6	No,7	Sí,6	No,7	Sí,3
CU/NM	No	Sí,3	No	Sí,3	No,4	No,4	Sí,5	Sí,6	No,7	Sí,6	No,7	Sí,3
CM/CU	Sí,8	No	Sí	No	No	Sí,9	No	Sí,6	No,7	Sí,6	No,7	No
NM/CU	Sí,8	No	No	No	No	Sí,9	No	Sí,6	No,7	Sí,6	No,7	No

CUADRO 1/X.138 (*cont.*)

Medición	Parámetros primarios											
Arquitectura	csd	dpd	tc	cid	cep	cfp	rer	rsp	rp	pdsp	pdp	ccfp
NM/NU	No,10	No	No	No	No	Sí,9	No	Sí,6	No,7	Sí,6	No,7	No
CM/NU	No,10	No	No	No	No	Sí,9	No	Sí,6	No,7	Sí,6	No,7	No
NU/NM	No	No	No	No	No	No	No	Sí,6	No,7	Sí,6	No,7	No
NU/CM	No	No	No	No	No	No	No	Sí,6	No,7	Sí,6	No,7	No
rlb	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
dlb	No,13	Sí,11	Sí	No,13	No,13	No,13	Sí,12	Sí,6	No,7	Sí,6	No,7	No,13

csd Tiempo de establecimiento de la comunicación

dpd Tiempo de transferencia de paquetes de datos

tc Capacidad de caudal

cid Retardo de indicación de liberación

cep Probabilidad de error en el establecimiento de la comunicación

cfp Probabilidad de fallo en el establecimiento de la comunicación

rer Tasa de errores residuales

rsp Probabilidad de estímulo de reiniciación

rp Probabilidad de reiniciación

pdsp Probabilidad de estímulo de desconexión prematura

pdp Probabilidad de desconexión prematura

ccfp Probabilidad de fallo de liberación de la llamada

rlb Bucle de encaminamiento

dlb Bucle de datos

1 Se supone que los dos monitores están sincronizados

2 Se supone que el sumidero no controlado responde de una manera razonablemente rápida

3 Se supone que la creación de paquetes en la fuente está sincronizada con el supervisor del lado del sumidero

4 No puede observarse el evento «d» (véase la figura 2/X.136)

5 Se supone que los datos de usuario creados por la fuente se conocen de antemano

6 En la frontera supervisada solamente

7 No puede distinguirse entre eventos que se originan dentro de los tramos y eventos causados por estímulos en la frontera distante

8 Se supone que no hay eventos de errores de establecimiento de la comunicación y el sumidero acepta la llamada con un retardo conocido o insignificante

9 Se supone que no hay establecimientos de la comunicación no completados debido a dispositivos sumideros

10 No pueden excluirse retardos debidos a los dispositivos sumideros

11 Se supone que dpd es igual en ambos sentidos

12 Se supone que rer es igual en ambos sentidos

13 La función de bucle de datos sólo funciona en la fase de transferencia de datos de usuario

3 Método de medición que utiliza una fuente controlada y supervisada y un sumidero controlado y supervisado (C,M/C,M)

Se utilizan tres tipos de procedimientos de prueba (acceso, transferencia de datos y desocupación para obtener valores de los parámetros primarios descritos en la presente Recomendación. Los valores de tiempo de establecimiento de la comunicación, de probabilidad de error en el establecimiento de la comunicación y de probabilidad de fallo en el establecimiento de la comunicación se obtienen utilizando pruebas de acceso. Los valores de tiempo de transferencia de paquetes de datos, capacidad de caudal, tasa de errores residuales, probabilidad de estímulo de reiniciación, probabilidad de reiniciación, probabilidad de estímulo de conexión prematura y probabilidad de desconexión prematura se obtienen utilizando pruebas de transferencia de datos. Los valores de retardo de indicación de liberación y de probabilidad de fallo en la liberación de la comunicación se obtienen utilizando pruebas de desocupación. Los parámetros de disponibilidad, disponibilidad del servicio y tiempo medio entre interrupciones del servicio se miden utilizando una combinación de los tres tipos de pruebas de calidad de funcionamiento.

Cada prueba de calidad de funcionamiento consta de dos procedimientos:

– *Extracción de datos:* Se crean (o se observan) eventos de referencia de la capa de paquete asociados con la prueba, se les pone la indicación de tiempo y se registran en las fronteras de sección apropiadas.

– *Reducción de datos:* Las reseñas de los eventos de referencia registrados se procesan, de acuerdo con las definiciones de los parámetros de calidad de funcionamiento, para determinar el resultado de la prueba.

3.1 *Hipótesis y restricciones generales*

A continuación se describen pruebas de calidad de funcionamiento específicas y procedimientos de extracción y de reducción de datos. Pueden diseñarse y utilizarse otros procedimientos equivalentes (o superiores). Las hipótesis y restricciones generales que sustentan estos procedimientos de prueba se especifican a lo largo del texto.

3.2 *Dispositivos de prueba*

Estos procedimientos utilizan el modo de prueba (C,M/C,M) (descrito en el § 2). En los procedimientos se supone que los dispositivos de prueba se conforman plenamente con los protocolos empleados en los interfaces supervisados, es decir, además de generar eventos de referencia en el nivel de paquetes apropiados para la prueba de que se trate, los dispositivos de prueba deben responder correctamente a los eventos generados por la sección que se prueba. Los dispositivos de prueba deben registrar correctamente y poner la indicación de tiempo exacto a cada evento de referencia en los canales lógicos pertinentes. A todos estos eventos de referencia se les debe registrar y poner la indicación de tiempo con independencia de si se previó o no el evento. El registro completo de los eventos de referencia se utilizará para determinar el resultado de la prueba.

3.3 *Secuencias de prueba*

Cada procedimiento de extracción de datos define una secuencia elemental de pasos en la cual se realiza una prueba de acceso, una o más pruebas de transferencia de datos o una prueba de desocupación. Para satisfacer todos los objetivos de medición comunes, deben completarse múltiples pruebas. Las pruebas descritas en este documento pueden realizarse según una secuencia cualquiera, vinculadas, utilizando las vinculaciones de prueba descritas a continuación. Estas vinculaciones facilitan la repetición de las pruebas en relación con un solo parámetro y la prueba económica de varios parámetros.

Los dos procedimientos siguientes muestran cómo lograr los estados iniciales de las pruebas de acceso, de transferencia de datos y de desocupación. Hay muchos estados finales posibles de las fronteras B_i y B_j al término de estas pruebas. Se adopta un enfoque genérico que asegura el logro de los estados iniciales deseados con independencia del estado vigente en las fronteras B_i y B_j. Los procedimientos se han escrito haciendo referencia al logro de un estado en una frontera determinada.

3.3.1 *Procedimiento para establecer el estado p1*

Los siguientes pasos crearán el estado p1 en una frontera:

1) Emitir paso al modo equilibrado asíncrono/paso al modo equilibrado asíncrono ampliado (SABM/SABME, *set asynchronous balanced mode/set asynchronous balanced mode extended*) si la capa de enlace de datos no está disponible y activada (r1).

2) En una frontera X.25/X.75, emitir una petición de liberación DTE/STE equipo terminal de señalización STE, (*signalling terminal equipment*) en el canal lógico elegido.

3) Esperar la confirmación de liberación.

3.3.2 *Establecer p4/d1 en una frontera*

Los siguientes pasos crearán el estado p4/d1 en una frontera:

1) Pasar al estado p1 (1).

2) En la frontera B_i emitir una petición de llamada con el canal lógico elegido, direcciones llamante y llamada.

3) En la frontera B_j distante, esperar un paquete de llamada entrante o de petición de llamada 2) y emitir el correspondiente paquete de llamada aceptada o comunicación establecida.

4) Esperar el correspondiente paquete de comunicación establecida en la frontera B_i.

Nota 1 – Debe liberarse un canal autorizado para llamadas entrantes en el DTE llamado.

Nota 2 – La conexión virtual puede establecerse en un canal lógico distinto del elegido originalmente en el DTE llamado.

3.4 *Fallos de la prueba y recuperación*

Ninguno de los procedimientos de extracción de datos o de reducción de datos comprende algoritmos detallados de recuperación para recuperarse tras pruebas fallidas (por ejemplo, intentos de establecimiento de la comunicación, reiniciaciones o rearranques fallidos o errores residuales). Las vinculaciones de las pruebas no suponen nada respecto a los estados de los interfaces después de una prueba, por lo que las rutinas de recuperación no son absolutamente necesarias. Sin embargo, todos los procedimientos (extracción de datos y reducción de datos) podrían hacerse más sólidos aplicando mecanismos de recuperación tras el fallo.

3.5 *Concordancia de eventos de referencia en el nivel de paquetes*

Todos los procedimientos de reducción de datos requieren concordancia de los correspondientes eventos de referencia en el nivel de paquetes en las dos fronteras de prueba. Por lo general, es suficiente cualquier método razonable de concordar eventos de protocolo (PE, *protocol events*). Si los relojes de los dispositivos de prueba están sincronizados, puede utilizarse información de temporización en el método. Si la sección que se prueba preserva los números secuenciales de los paquetes de datos, esa información puede utilizarse en el método que concuerda paquetes de datos. Los paquetes de datos pueden concordarse también comparando campos de datos de usuario. Si los procedimientos de extracción de datos incluyen además mecanismos de recuperación tras el fallo, los procedimientos de reducción de datos deben ser más perfeccionados en su capacidad de concordar paquetes (reconociendo y compensando los paquetes de datos perdidos, suplementarios o con errores).

3.6 *Prueba durante interrupciones del servicio*

Por definición, la calidad de los parámetros primarios no debe evaluarse durante las interrupciones del servicio. En cada uno de los procedimientos de reducción de datos, se decide si el servicio estaba disponible o no durante la prueba. Si estaba disponible, los resultados de la prueba se incluyen en las estadísticas acumuladas utilizadas para evaluar los parámetros primarios. Si el servicio no estaba disponible, los resultados de la prueba pueden utilizarse solamente para medir la característica de disponibilidad.

La determinación del estado de disponibilidad en la fase de reducción de datos es un problema difícil. El fallo de una sola prueba no es suficiente para declarar la indisponibilidad, por lo que en ausencia de otra evidencia, se supone que el servicio está disponible. Sin embargo, si esta prueba estaba contenida en un intervalo de cinco minutos en el que uno o más parámetros primarios resultaron ser peores que sus criterios de decisión (cuadro 2/X.137), el servicio debe declararse no disponible. Así pues, la decisión sobre la disponibilidad realizada en cada procedimiento

de reducción de datos debe tener en consideración todos los resultados de las pruebas en un lapso de cinco minutos más o menos. Las decisiones sobre la disponibilidad del servicio pueden retardarse hasta que se hayan analizado todas las pruebas. Si se aplica ese método, los contadores acumulativos relativos a la calidad de los parámetros primarios deben corregirse retroactivamente siempre que se descubran interrupciones.

3.7 *Prueba de acceso*

Con los siguientes procedimientos pueden obtenerse valores para el tiempo de establecimiento de la comunicación, la probabilidad de error establecimiento de la comunicación y la probabilidad de fallo en el establecimiento de la comunicación.

3.7.1 *Extracción de datos en la prueba de acceso*

La figura 3/X.138 muestra el procedimiento de extracción de datos en la prueba de acceso. Las fronteras B_i y B_j están en los interfaces de las Recomendaciones X.25 o X.75 que limitan el conjunto de secciones de conexión virtual que se prueban.

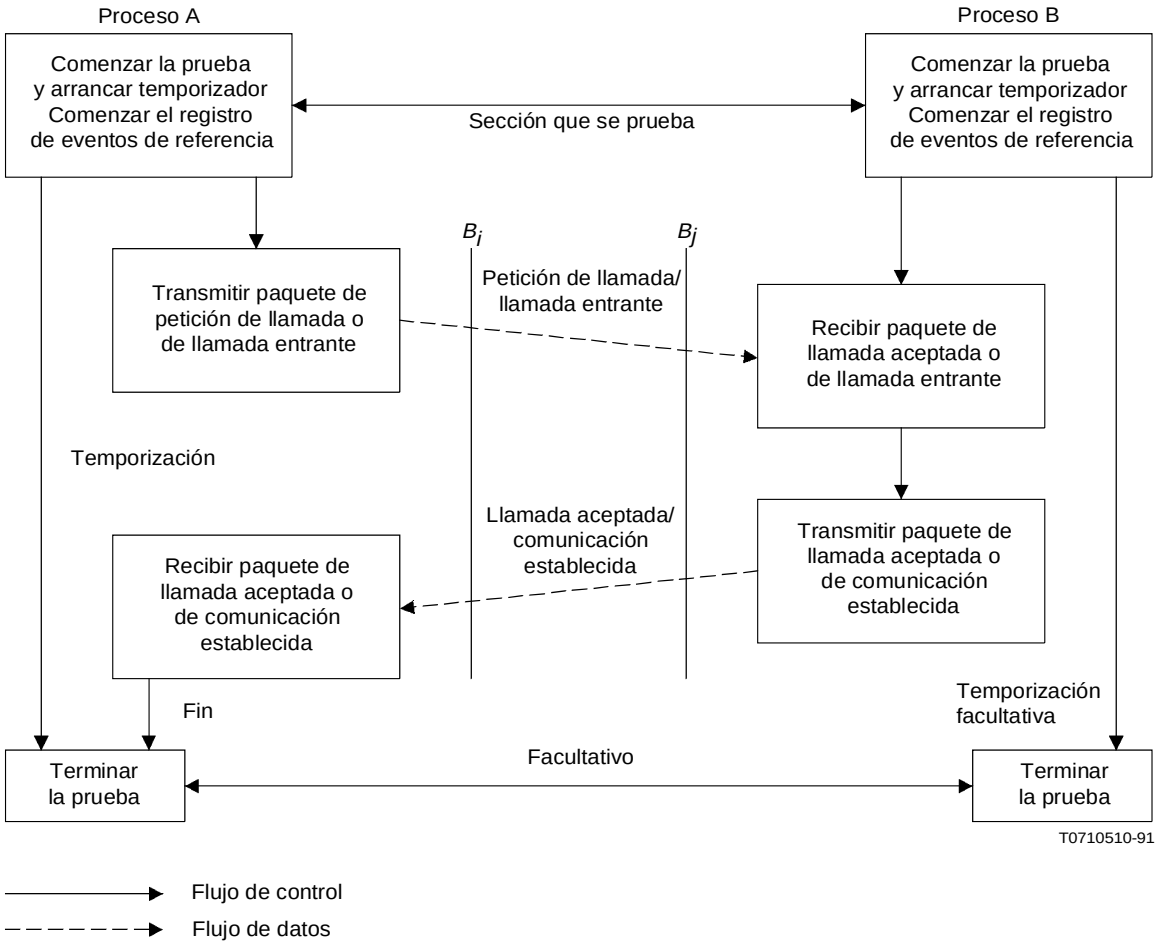


FIGURA 3/X.138
Procedimiento de extracción de datos en la prueba de acceso

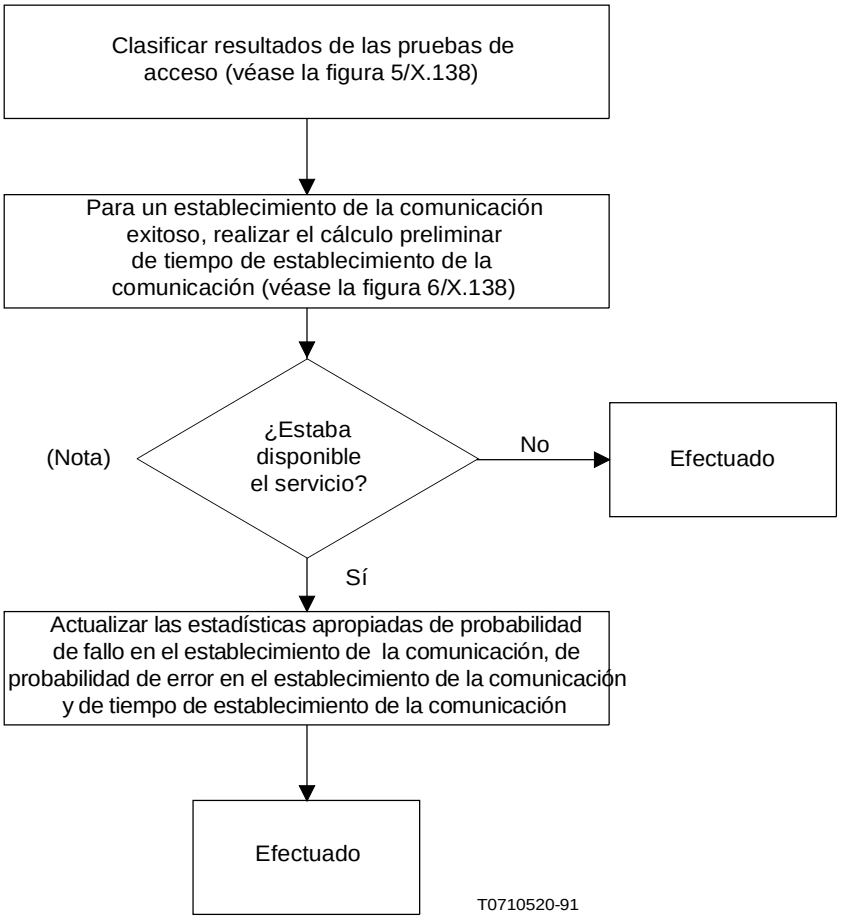
Los canales lógicos de las fronteras B_i y B_j deben estar inicialmente en el estado p1. El proceso A transmitirá un paquete de petición de llamada (o de llamada entrante) y esperará el correspondiente paquete de llamada aceptada (o de comunicación establecida). El proceso A debe esperar no menos que el umbral de fallo en el establecimiento de la comunicación de 200 segundos.

Reemplazada por una versión más reciente

Las temporizaciones del proceso A y del proceso B deben estar suficientemente bien sincronizadas para que el proceso B esté preparado a recibir los correspondientes paquetes de petición de llamada (o de llamada entrante). (En el caso de configuración de prueba con bucle de datos, no se requiere sincronización alguna.) El proceso B recibirá ese paquete y responderá con el paquete apropiado de llamada aceptada (o de comunicación establecida). El tiempo requerido para esta respuesta se substraerá del cálculo del tiempo de establecimiento de la comunicación; no obstante, este intervalo de respuesta debe ser lo más pequeño posible para evitar un aumento importante de la probabilidad de que se exceda el umbral de fallo en el establecimiento de la comunicación de 200 segundos.

3.7.2 *Reducción de datos en la prueba de acceso*

La figura 4/X.138 muestra el procedimiento de reducción de datos en la prueba del acceso. Cada prueba de acceso se clasifica como se ilustra en la figura 5/X.138. La figura 6/X.138 muestra los pasos necesarios para calcular el tiempo de establecimiento de la comunicación para intentos con éxito de establecimiento de la comunicación. Si el servicio estaba disponible durante esta prueba, pueden actualizarse las estadísticas acumuladas de establecimiento de la comunicación. Pueden mantenerse contadores acumulativos de errores totales en el establecimiento de la comunicación, fallos totales en el establecimiento de la comunicación y tiempo total de establecimiento de la comunicación (durante intentos sin éxito). A continuación pueden hacerse estimaciones de la probabilidad de error en el establecimiento de la comunicación, de la probabilidad de fallo en el establecimiento de la comunicación y del tiempo medio de establecimiento de la comunicación dividiendo estos contadores acumulativos por el cómputo acumulado de intentos de establecimiento de la comunicación.



Nota – Si se han tenido en cuenta las consideraciones estadísticas apropiadas, esta decisión puede utilizarse para estimar la disponibilidad.

FIGURA 4/X.138

Procedimientos de reducción de datos en la prueba de acceso

La figura 5/X.138 muestra la utilización del registro de eventos de referencia en el nivel de paquetes (identificados como eventos «A», «B», «C» y «D») para determinar si el intento de establecimiento de la comunicación tuvo éxito o no. Se dice que se ha producido el evento «D» solamente si el paquete de llamada aceptada (o de comunicación establecida) se recibió en B_i dentro del umbral de fallo en el establecimiento de la comunicación de 200 segundos. En los demás casos, se supone que no se ha producido. Si este proceso clasifica todas las pruebas del acceso como «Prueba infructuosa – causa fuera de las fronteras del tramo», ello indica que los dispositivos de prueba son defectuosos y deben corregirse.

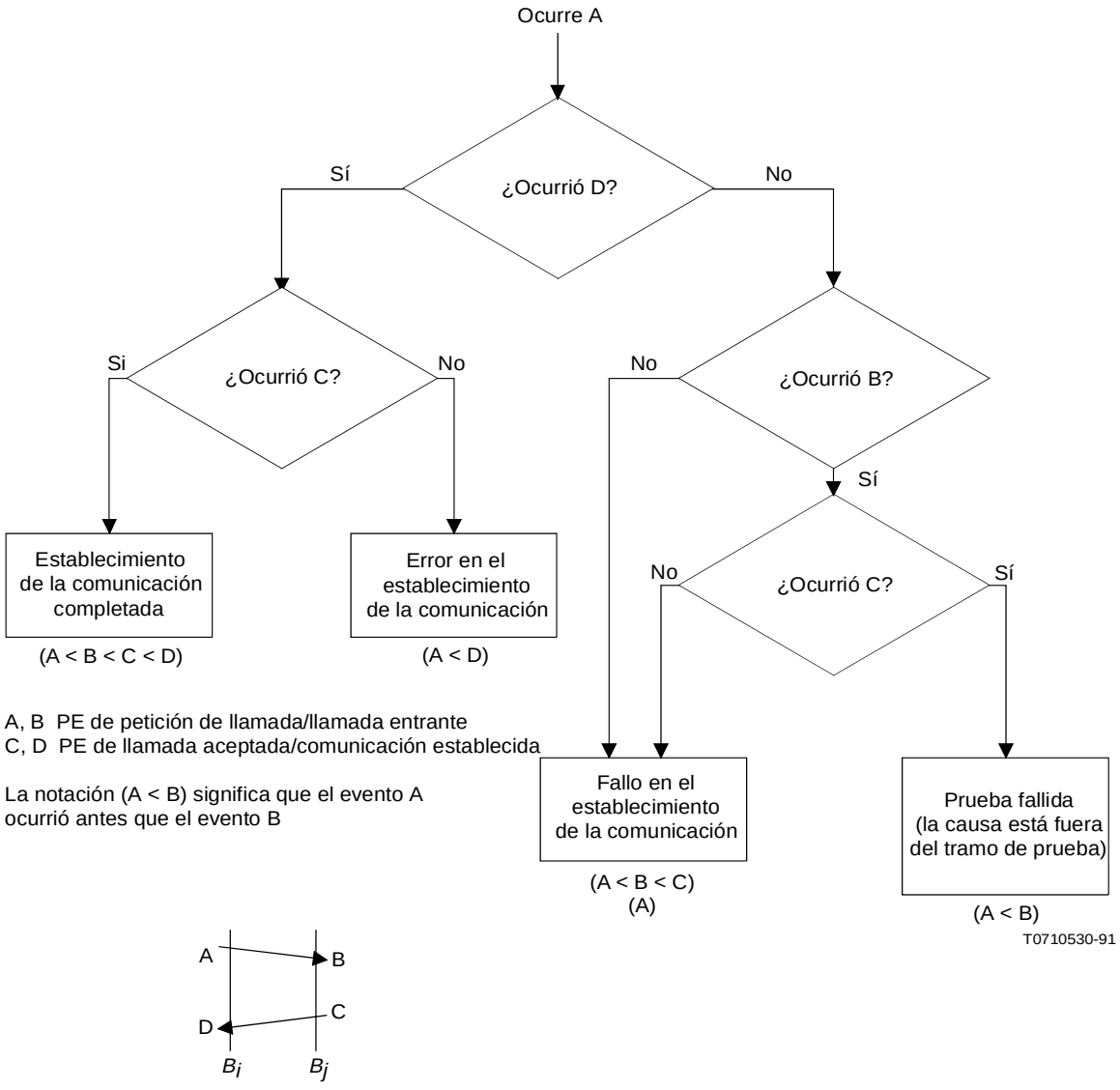
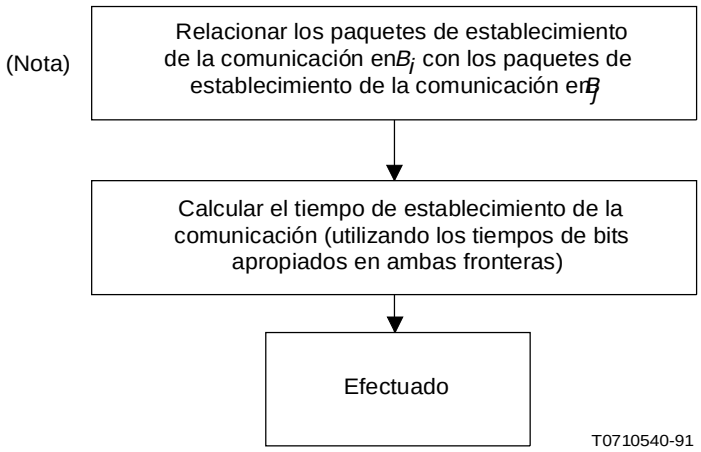


FIGURA 5/X.138

Clasificación del resultado de las pruebas de acceso

Para calcular el tiempo de establecimiento de la comunicación (figura 6/X.138) primero hay que hacer que concuerden los paquetes registrados en la frontera B_i con los paquetes registrados en la frontera B_j (véase el § 3.3). Los valores de temporizador exactos utilizados para calcular el tiempo de establecimiento de la comunicación dependen de la ubicación de las fronteras B_i y B_j, y del sentido en que los paquetes atraviesan esas fronteras.



Nota – Puede utilizarse cualquier método razonable.

FIGURA 6/X.138
Cálculo del tiempo de establecimiento de la comunicación

3.8 *Prueba de transferencia de datos*

Con los siguientes procedimientos pueden obtenerse valores del tiempo de transferencia de paquetes de datos, de la capacidad de caudal, de la tasa de errores residuales, de la probabilidad de estímulo de reiniciación, de la probabilidad de reiniciación, de la probabilidad de estímulo de desconexión prematura y de la probabilidad de desconexión prematura.

3.8.1 *Extracción de datos en la prueba de transferencia de datos*

La figura 7/X.138 muestra el procedimiento de extracción de datos en la prueba de transferencia de datos. En este caso, se utiliza una arquitectura de bucle de datos. Las fronteras B_i y B_j están en los interfaces de las Recomendaciones X.25 o X.75 que limitan el conjunto de secciones de conexión virtual que se prueban.

Los canales lógicos en las fronteras B_i y B_j deben estar en el estado p4/d1. El proceso A transmitirá N paquetes de datos. Si se prueba la capacidad de caudal, el proceso A no debe retardar la transmisión de paquetes de datos sucesivos, salvo en respuesta a cierres de ventana (en la figura: X=0).

El proceso B debe estar preparado para recibir y registrar la recepción de los correspondientes paquetes de datos. (Aviso: Si se produce segmentación o recombinación de paquetes en las secciones que se prueban, el número previsto de paquetes de datos en B_j puede ser diferente de los paquetes de datos transmitidos por el proceso A.) Si se prueba la capacidad de caudal, el proceso B no debe retardar las tramas de acuse de recibo y los paquetes recibidos. Los relojes en los procesos A y B deben estar suficientemente bien sincronizados (a menos que se utilice un bucle de datos), para que la diferencia entre los dos relojes sea una fracción insignificante del probable valor de tiempo de transferencia de los paquetes de datos. Suele ser suficiente una precisión de sincronización de uno o dos milisegundos.

Cuando se utiliza una combinación de temporizadores y mecanismos de control, el tiempo total permitido para que el proceso B reciba el último paquete de datos del proceso A debe ser por lo menos el umbral de tasa de errores residuales de 200 segundos.

Si se utiliza la prueba para evaluar la probabilidad de reiniciación, la probabilidad de estímulo de reiniciación, la probabilidad de desconexión prematura y la probabilidad de estímulo de desconexión prematura, los procesos A y B deben responder a las reiniciaciones, estímulos de reiniciación, desconexiones prematuras y estímulos de desconexiones prematuras como se especifica en las Recomendaciones X.25 y X.75. El proceso A debe restablecer la conexión virtual si es desconectada prematuramente. Después de una reiniciación o restablecimiento de la conexión, el proceso A debe reanudar la transmisión de paquetes de datos.

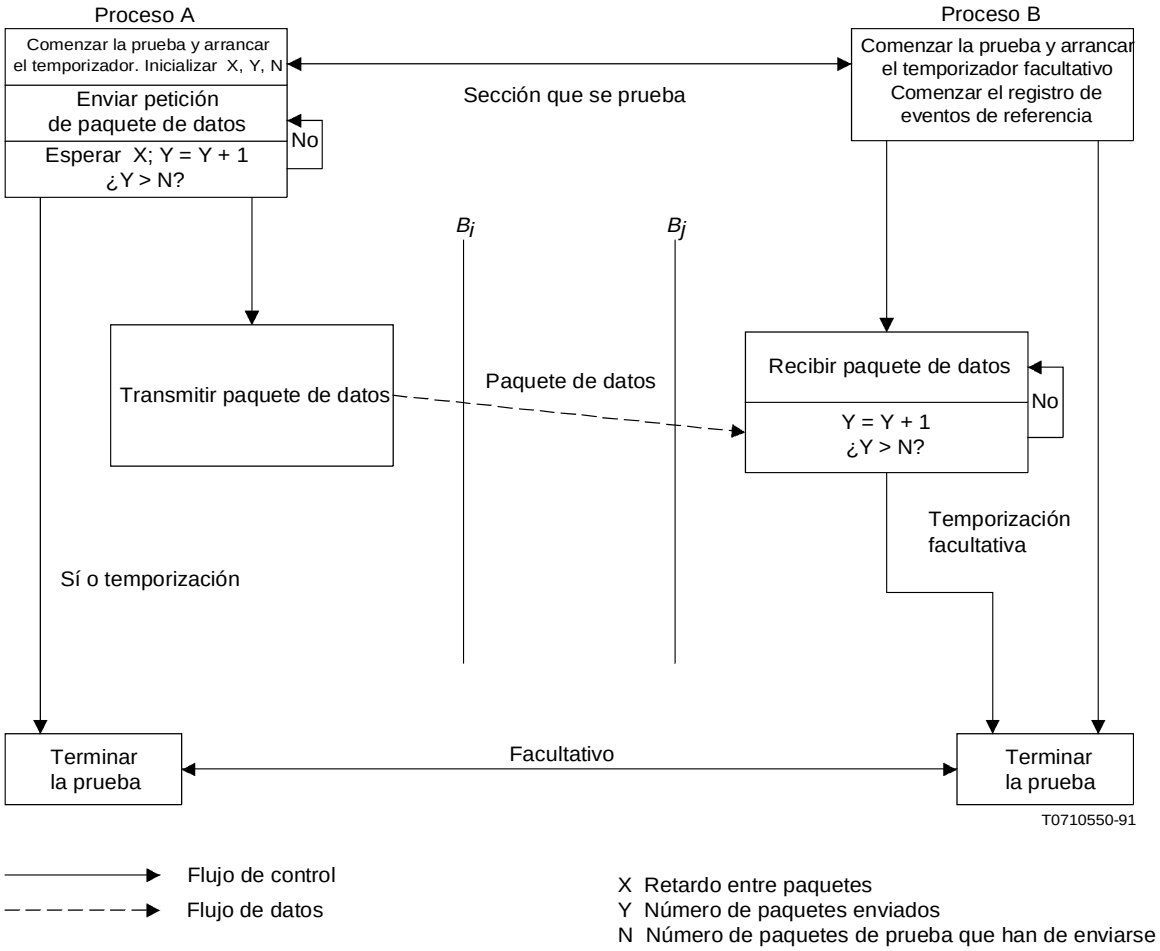


FIGURA 7/X.138

Procedimiento de extracción de datos en la prueba de transferencia de datos

La pérdida de bits de datos de usuario o los errores en dichos bits, asociados a las reiniciaciones o liberaciones no se cuentan como errores residuales. Los bits de datos de usuario retransmitidos por el proceso A para recuperarse tras una reiniciación o liberación no se cuentan como errores residuales.

3.8.2 *Reducción de datos en la prueba de transferencia de datos*

La figura 8/X.138 muestra el procedimiento de reducción de datos en la prueba de transferencia de datos. Cuando se utiliza el registro completo de eventos de protocolo, las reiniciaciones y desconexiones prematuras se cuentan como se ilustra en la figura 9/X.138. El procedimiento de la figura 10/X.138 se utiliza para estimar la tasa de errores residuales en las pruebas en las que no se producen reiniciaciones o desconexiones prematuras. La figura 11/X.138 ilustra los pasos necesarios para calcular el tiempo de transferencia de los paquetes de datos y la capacidad de caudal en las pruebas en las que la estimación de la tasa de errores residuales es cero. La información preliminar obtenida en estos tres pasos se utiliza, junto con otros resultados de la prueba, para determinar si el servicio estaba disponible durante esta prueba. Si el servicio estaba disponible, pueden actualizarse las estadísticas acumuladas de transferencias de datos.

Pueden mantenerse contadores acumulativos de eventos de reiniciación totales, de estímulos de reiniciación totales, de eventos de desconexión prematura totales y de estímulos de desconexión prematura totales. A continuación puede hacerse estimaciones de la probabilidad de reiniciación, de la probabilidad de estímulo de reiniciación, de la probabilidad de desconexión prematura y de la probabilidad de estímulo de desconexión prematura dividiendo estos contadores acumulativos por el cómputo acumulado de tiempo durante el cual se probó la transferencia de datos. Pueden mantenerse también contadores acumulativos a largo plazo del número de bits de datos de usuario transmitidos, del número de bits de datos de usuario recibidos, del número de bits de datos de usuario perdidos y del número de bits de datos de usuario con errores recibidos, del número de bits de datos de usuario suplementarios recibidos y del número de bits de datos de usuario transmitidos y recibidos satisfactoriamente. La tasa de errores residuales puede estimarse utilizando las ecuaciones de la figura 8/X.138. Respecto a los intentos con éxito de transferencia de datos, pueden acumularse el tiempo total de transferencia de paquetes de datos y el total de paquetes de datos transferidos. La relación entre estos dos números es una estimación del tiempo medio de transferencia de los paquetes de datos. Respecto a las pruebas con éxito de capacidad de caudal, pueden acumularse el total de bits transferidos y el tiempo total de estas pruebas (según se define en la Recomendación X.135). La relación entre ambos totales da una estimación de la capacidad de caudal.

En la figura 9/X.138 se utiliza el registro de eventos de referencia en el nivel de paquetes para evaluar las reiniciaciones y desconexiones prematuras que se produjeron durante la prueba. Las ecuaciones presentadas dependen del hecho de que un evento de reiniciación (o de desconexión prematura) entre B_i y B_j haga que dos paquetes de reiniciación (o de liberación) salgan de la sección o secciones probadas, mientras que un estímulo de reiniciación (o de desconexión prematura) haga que un paquete de reiniciación (o de liberación) entre en las secciones y que uno salga.

La figura 10/X.138 muestra una aproximación aceptable para calcular la tasa de errores residuales. La aproximación se basa en la hipótesis de que en una sola prueba sólo puede producirse un tipo de error residual; es decir, que en la misma prueba no se producen bits perdidos y bits con errores, que en la misma prueba no se producen bits con errores y bits suplementarios y que en la misma prueba no se producen bits perdidos y bits suplementarios. Se supone que esta aproximación es suficientemente precisa para estimar la tasa de errores residuales. Otros métodos más perfeccionados para comparar los bits transmitidos con los bits recibidos pueden dar una estimación más precisa de la tasa de errores residuales. La información de usuario recibida en B_j después de haber transcurrido 200 segundos desde que se transmitió en B_i se considera información perdida (véase el § 3.3.3 de la Recomendación X.136).

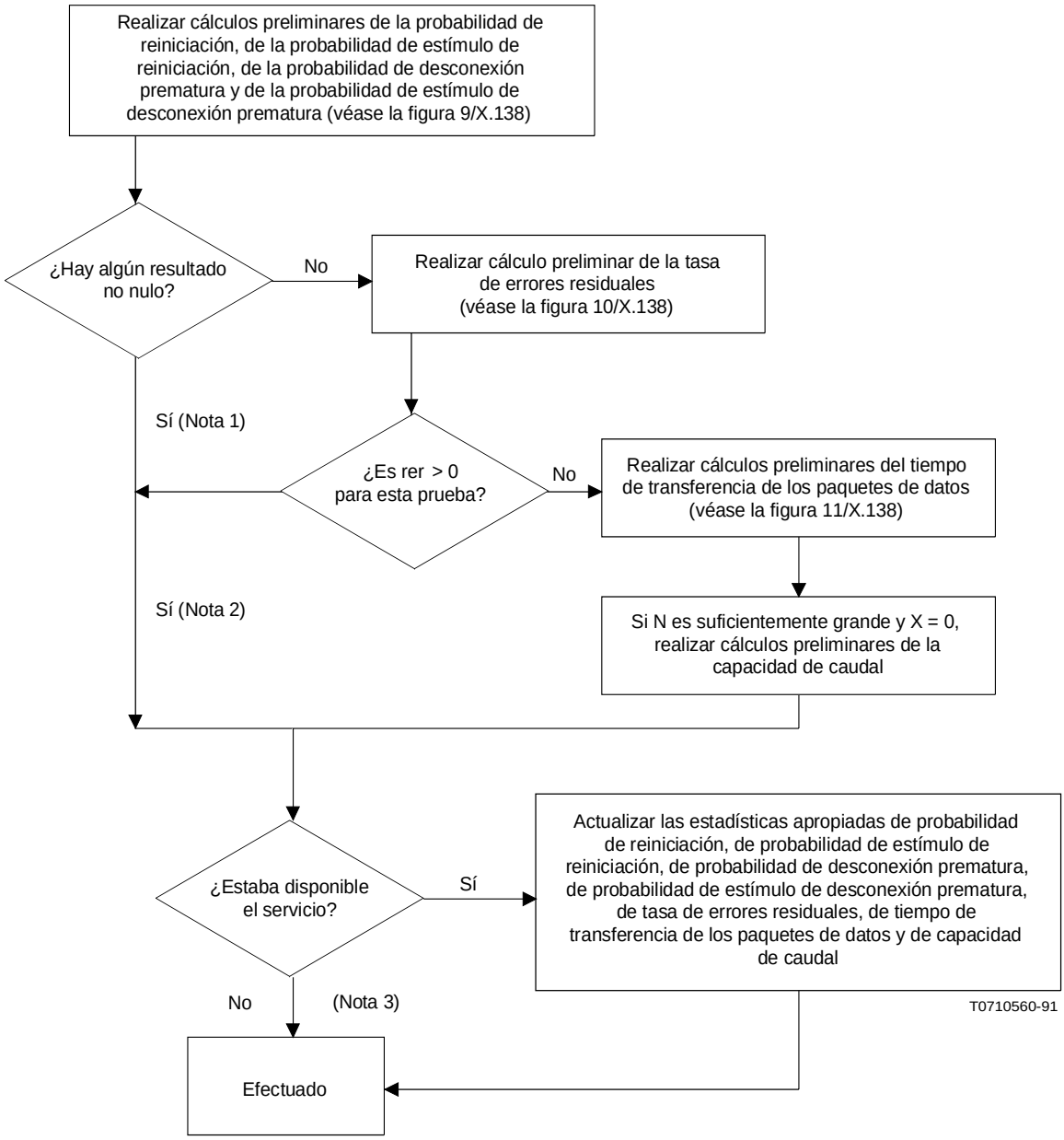
El cálculo del tiempo de transferencia de los paquetes de datos y de la capacidad de caudal (figura 11/X.138) requiere, en primer lugar, la concordancia de los paquetes registrados en la frontera B_i con los paquetes registrados en la frontera B_j. Los valores exactos de temporizador utilizados para calcular el tiempo de transferencia de los paquetes de datos y la capacidad de caudal dependen de la ubicación de las fronteras B_i y B_j, y del sentido en el que los paquetes atraviesan estas fronteras.

3.9 *Prueba de desocupación*

Con los siguientes procedimientos pueden obtenerse valores del retardo de indicación de liberación y de la probabilidad de fallo en la liberación de la llamada.

3.9.1 *Extracción de datos en la prueba de desocupación*

La figura 12/X.138 muestra el procedimiento de extracción de datos en la prueba de desocupación. Las fronteras B_i y B_j están en los interfaces de las Recomendaciones X.25 o X.75 que limitan el conjunto de secciones de conexión virtual que se prueban.



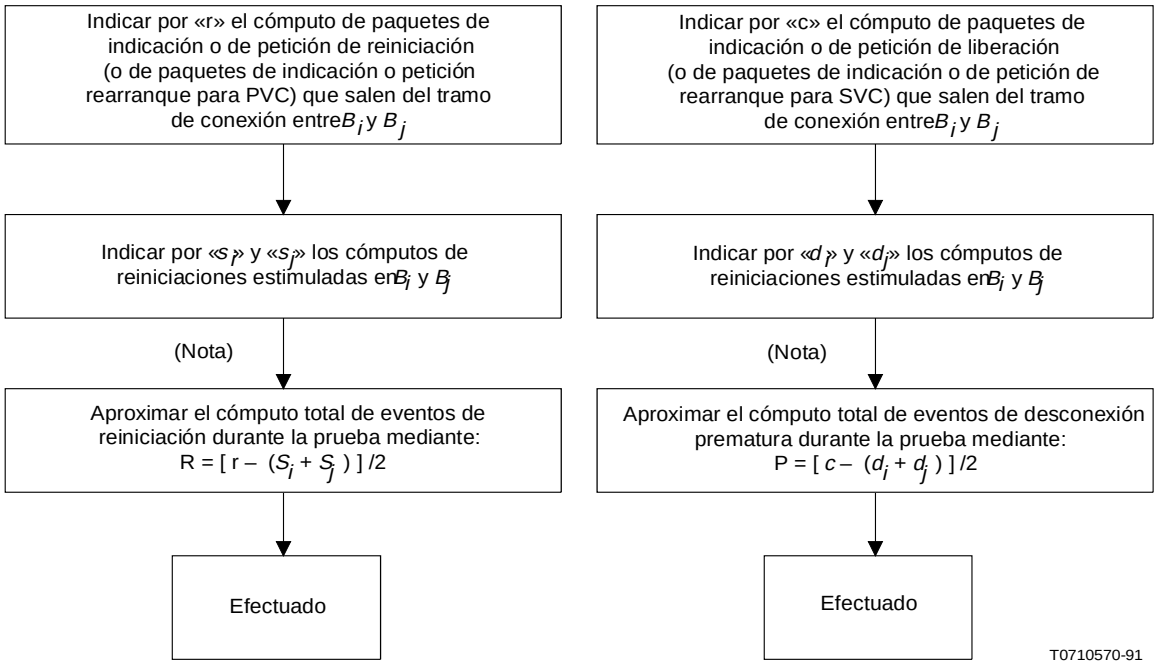
Nota 1 – Procedimientos más perfeccionados pueden partir de reiniciaciones y desconexiones prematuras y permitir los cálculos de tasa de errores residuales, del tiempo de transferencia de los paquetes de datos y de la capacidad de caudal.

Nota 2 – Procedimientos más perfeccionados pueden partir de errores residuales y permitir los cálculos del tiempo de transferencia de los paquetes de datos y de la capacidad de caudal.

Nota 3 – Esta decisión puede utilizarse para estimar la disponibilidad del servicio si no se han satisfecho las consideraciones estadísticas apropiadas.

FIGURA 8/X.138

Procedimiento de reducción de datos en la prueba de transferencia de datos



PVC Circuito virtual permanente
SVC Circuito virtual conmutado

Nota – Se supone que las secciones fuera de la sección que se prueba no inician reiniciaciones, rearranques o liberaciones por sí mismas, que pero sí responden correctamente a los estímulos de reiniciación y de desconexión prematura.

FIGURA 9/X.138

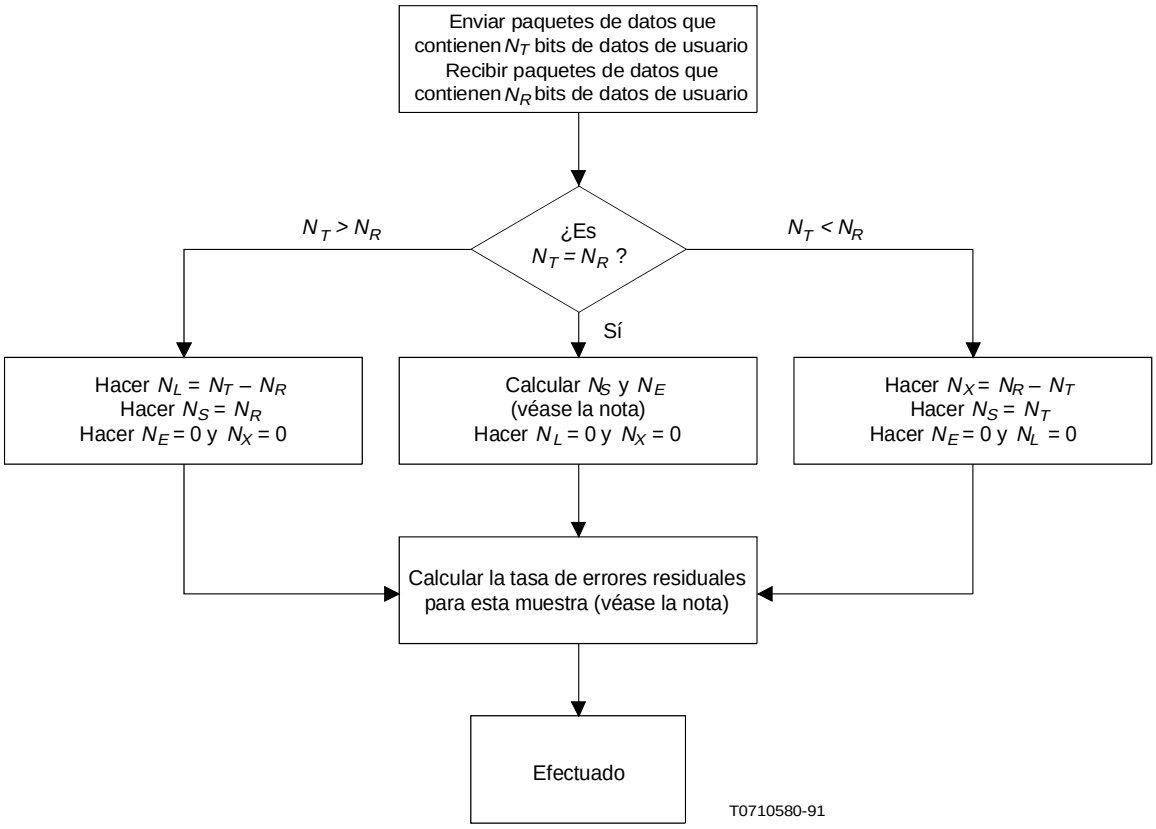
Cálculos de probabilidad de reiniciación, de estímulo de reiniciación, de probabilidad de desconexión prematura, y de probabilidad de estímulo de desconexión prematura (método aproximado)

Los canales lógicos en B_i y B_j deben estar inicialmente en el estado p4/d1. El proceso A transmitirá un paquete de petición de liberación (o de indicación de liberación). El proceso B debe estar preparado a recibir y registrar la recepción del correspondiente paquete de petición de liberación (o de indicación de liberación). Los relojes de los Procesos A y B deben estar suficientemente bien sincronizados para que su diferencia sea una fracción insignificante del valor probable del retardo de indicación de liberación. Suele ser suficiente una precisión de sincronización de uno o dos milisegundos.

El tiempo total permitido para que el proceso B reciba el paquete de liberación de la llamada del proceso A debe ser por lo menos el umbral de fallo en la liberación de la llamada de 180 segundos.

3.9.2 *Reducción de datos en la prueba de desocupación*

La figura 13/X.138 muestra el procedimiento de reducción de datos en la prueba de desocupación. Cada prueba de desocupación se clasifica como se muestra en la figura 14/X.138. La figura 15/X.138 muestra los pasos necesarios para calcular el retardo de indicación de liberación para liberaciones de llamada con éxito. La información preliminar obtenida en estos dos pasos se utiliza, junto con otros resultados de la prueba, para determinar si el servicio estaba disponible. Si el servicio estaba disponible durante esta prueba, pueden actualizarse las estadísticas acumuladas de liberación de la llamada. Pueden mantenerse contadores acumulativos de fallos de liberación de la llamada totales y retardos de indicación de la llamada totales (durante intentos con éxito). A continuación pueden hacerse estimaciones de la probabilidad de fallo en la liberación de la llamada y del tiempo de indicación de liberación dividiendo estos contadores acumulados por el cómputo acumulado de intentos de liberación de la llamada.



Nota – Tasa de errores residuales $= \dfrac{(N_L + N_X + N_E)}{(N_L + N_X + N_E + N_S)}$, donde

$$N_E = \sum_{i=1}^{N_T} b_i^T \oplus b_i^R$$ (donde $\oplus$ es suma en módulo 2)

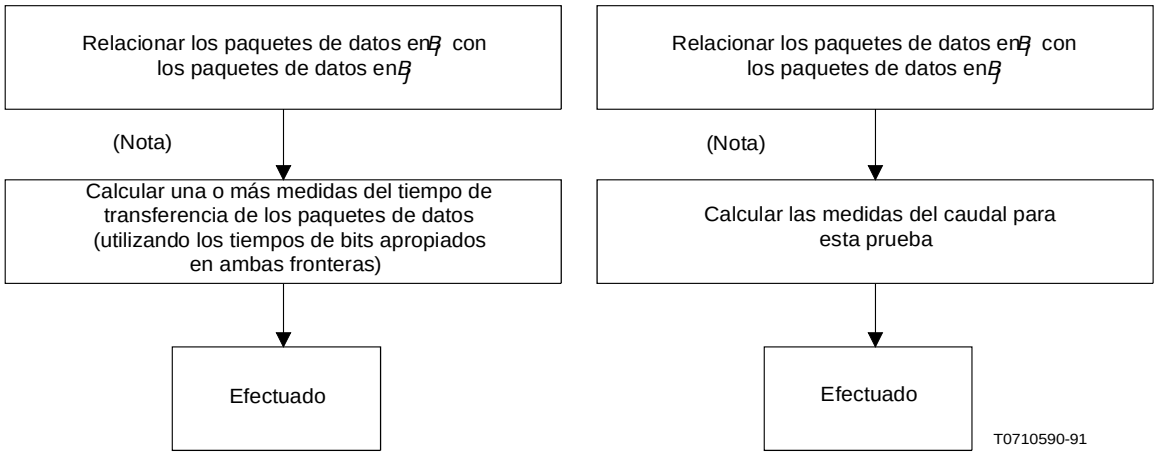
$$N_S = N_T - N_E$$

FIGURA 10/X.138

Cálculo de la tasa de errores residuales (método aproximado)

La figura 14/X.138 utiliza el registro de eventos de referencia en el nivel de paquetes (identificados como eventos «A» y «B» en esta figura) para determinar si la liberación de la llamada tuvo éxito o no. Se dice que se ha producido el evento «B» solamente si el paquete de indicación de liberación (o de petición de liberación) se recibió en B_j dentro del umbral de fallo en la liberación de la llamada de 180 segundos. En los demás casos, se supone que no se ha producido y el intento de liberación se clasifica como un fallo.

Para calcular el retardo de indicación de liberación (figura 15/X.138) es necesario, en primer lugar, la concordancia de los paquetes registrados en la frontera B_i con los paquetes registrados en la frontera B_j. Los valores de temporizador exactos utilizados para calcular el retardo de indicación de liberación dependen de la ubicación de las fronteras B_i y B_j y del sentido en que los paquetes atraviesan esas fronteras.



Nota – Puede utilizarse cualquier método razonable.

FIGURA 11/X.138
Cálculo del tiempo de transferencia de los paquetes de datos y de la capacidad de caudal

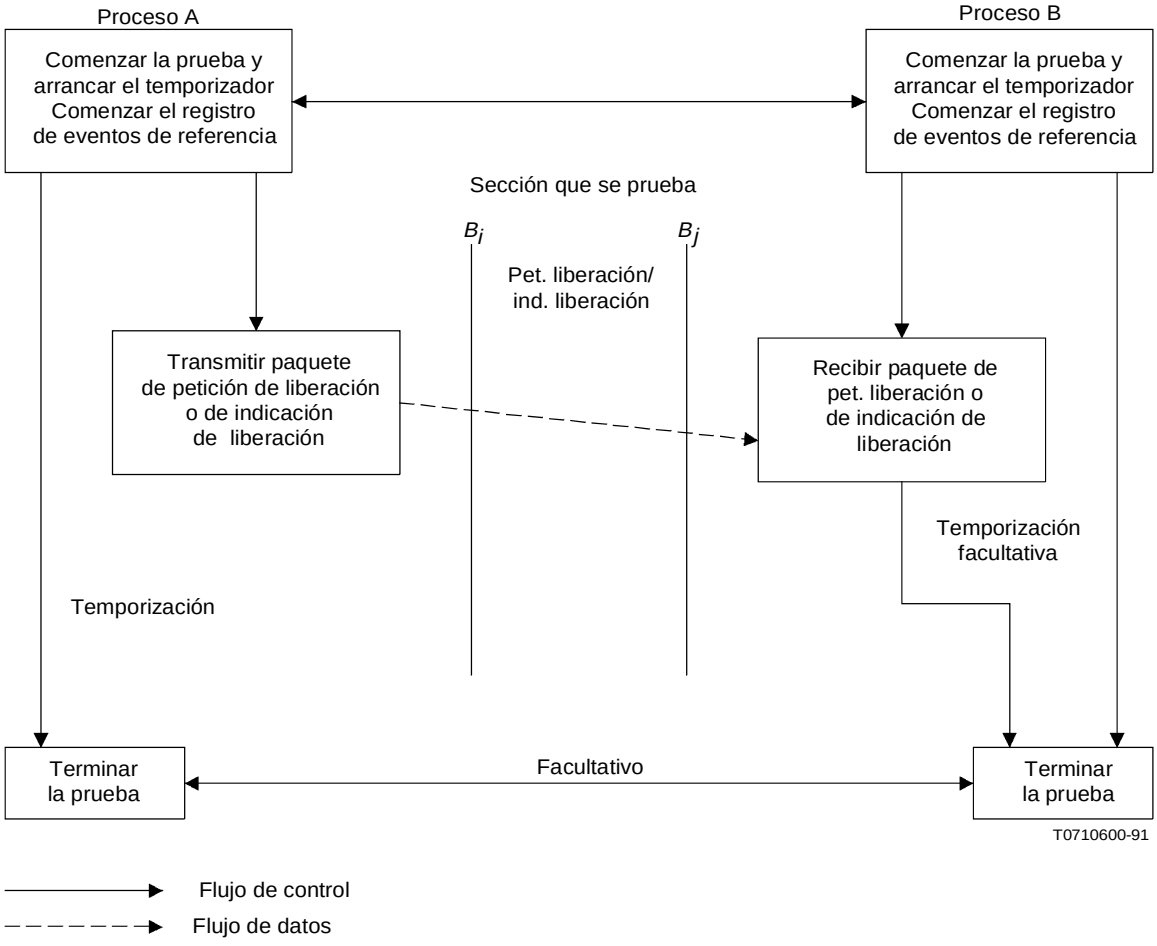
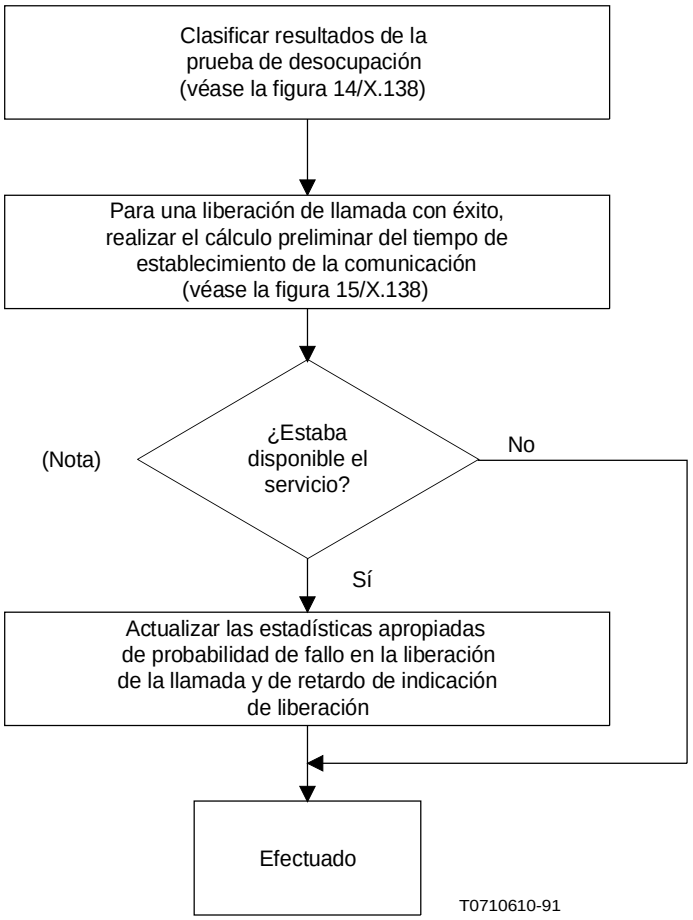


FIGURA 12/X.138
Procedimiento de extracción de datos en la prueba de desocupación



Nota – Si se han tenido en cuenta las consideraciones estadísticas apropiadas, esta decisión puede utilizarse para estimar la disponibilidad.

FIGURA 13/X.138

Procedimiento de reducción de datos en la prueba de desocupación

3.10 *Estimación de parámetros de disponibilidad*

Los parámetros de disponibilidad, disponibilidad del servicio y tiempo medio entre interrupciones del servicio, para una sección de conexión virtual dada pueden medirse efectuando una secuencia apropiada de pruebas de disponibilidad.

En el cuadro 2/X.137 se especifican valores para N_1, N_2, N_3, N_4 y N_5. Como esos valores pueden cambiar, en este punto se les asignan valores paramétricos. Los valores actuales son:

a) $N_1 = 4$,

b) $N_2 = 80$,

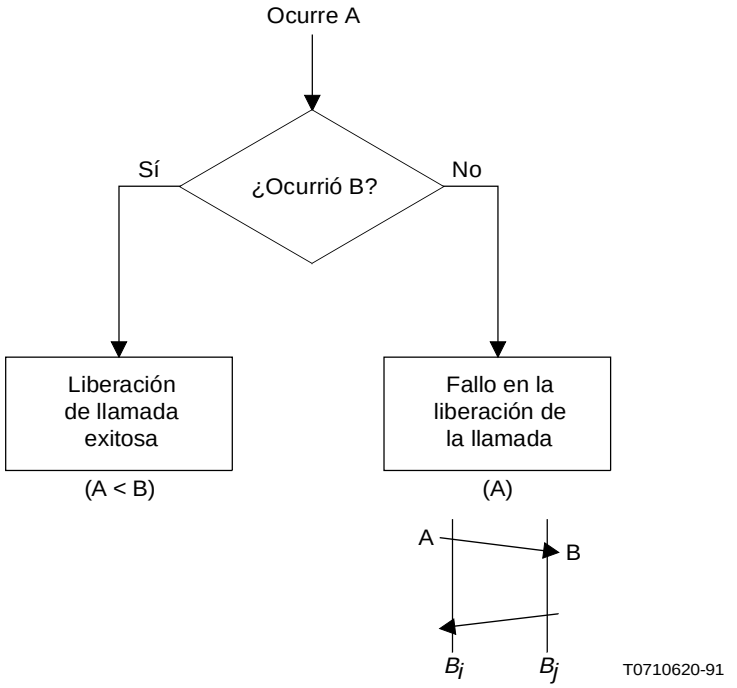
c) $N_3 = 5$,

d) $N_4 = 10^{-3}$,

e) $N_5 = 1$.

3.10.1 *Extracción de datos en la prueba de disponibilidad mínima*

La siguiente prueba y sus criterios de decisión se definen como los criterios mínimos necesarios para muestrear el estado de disponibilidad de una sección.

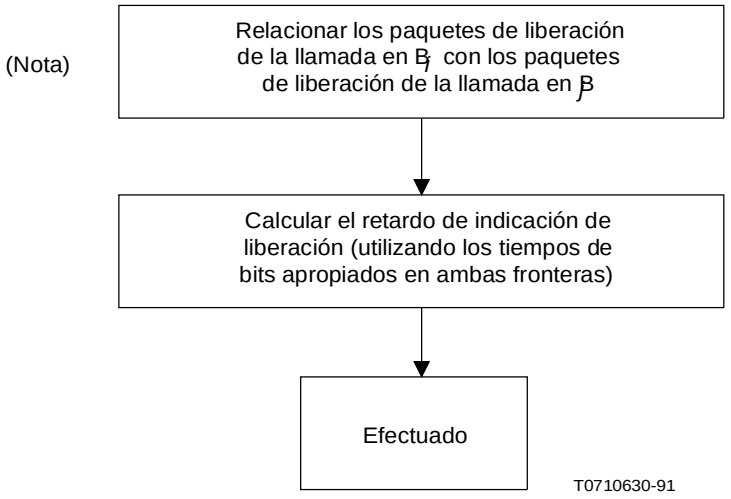


A PE de indicación de liberación/petición de liberación
B PE de indicación de liberación/petición de liberación

La notación (A < B) significa que el evento A ocurrió antes que el evento B

FIGURA 14/X.138

Clasificación del resultado de una prueba de desocupación



Nota – Puede utilizarse cualquier método razonable.

FIGURA 15/X.138

Cálculo del retardo de indicación de liberación

La figura 16/X.138 muestra un procedimiento para realizar una prueba de disponibilidad mínima a través de una sección. La prueba se divide en dos fases: de acceso (fase I) y de transferencia de información de usuario (fase II), y requiere fuentes y sumideros controlados y supervisores en cada frontera de sección.

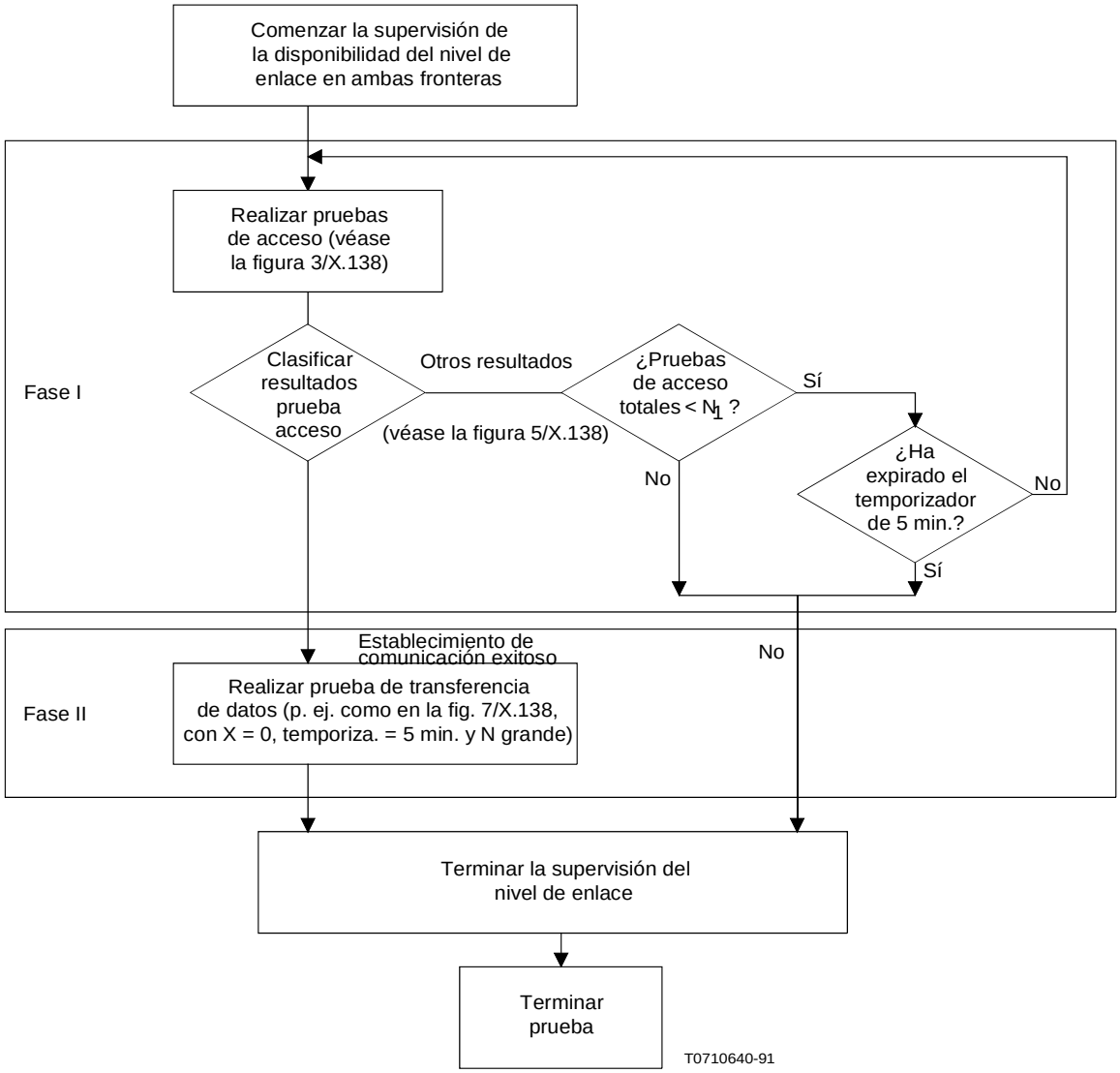


FIGURA 16/X.138

Procedimiento de extracción de datos en la prueba de disponibilidad mínima

En la fase I, no se realizan más de N_1 intentos de establecimiento de la comunicación sucesivos (pruebas de acceso). La fase I se termina cuando ocurre cualquiera de los eventos siguientes: tiene éxito un intento de establecimiento de la comunicación; N_1 intentos de establecimiento de la comunicación no tienen éxito o la duración de esta fase excede de 5 minutos. Los intentos de establecimiento de la comunicación pueden realizarse de acuerdo con el procedimiento descrito en el § 3.7.1 y mostrado en la figura 3/X.138. La fase I se efectúa solamente en el caso de una llamada virtual conmutada.

En la fase II de una prueba de disponibilidad mínima se intenta mantener una conexión virtual a través de la sección probada durante cinco minutos y mantener un caudal promedio que exceda de N_2 bit/s durante ese intervalo. La transmisión de paquetes puede realizarce de acuerdo con el procedimiento descrito en el § 3.8.1 y mostrado en la figura 7/X.138. Los valores de N y X deben ser tales que en el procedimiento se intente lograr un caudal considerablemente superior a N_2 bit/s. En el caso de una llamada virtual conmutada, la fase II se efectúa solamente si tiene éxito un intento de establecimiento de llamada en la fase I. En el caso de un circuito virtual permanente, sólo se efectúa la fase II.

3.10.2 *Reducción de datos en la prueba de disponibilidad mínima*

La figura 17/X.138 muestra un procedimiento para reducir los datos de calidad de funcionamiento registrados en una prueba de disponibilidad mínima. En el procedimiento se aplican los criterios de decisión sobre disponibilidad definidos en la Recomendación X.137.

Los criterios definidos en la Recomendación X.137 se utilizan para determinar la disponibilidad de las capas de enlace de datos. Se distinguen tres casos: la capa de enlace de datos está disponible en ambas fronteras de la sección; la capa de enlace de datos no está disponible en cualquiera de las dos fronteras de la sección por causas internas a la misma y la capa de enlace de datos no está disponible en una o en ambas fronteras por causas externas a la sección y la capa de enlace de datos no está disponible en ninguna de las dos fronteras por causas internas del tramo. En el primer caso, la disponibilidad de la sección se determina por los resultados de las fases I y II de la prueba. En el segundo caso, la sección se declara no disponible. En el tercer caso, se excluye la prueba.

En la parte superior de la figura 17/X.138 se muestra el procesamiento de los resultados de la fase I. El resultado de cada intento se determina de acuerdo con el procedimiento descrito en el § 3.7.2. Si todos los intentos dan como resultado error en el establecimiento de la comunicación o fallo en el establecimiento de la comunicación, se considera que la sección de circuito virtual no está disponible durante la prueba. Si algún intento de establecimiento de la comunicación no tiene éxito por causas externas a los límites de la sección (por ejemplo, por funcionamiento deficiente del equipo de prueba), se prescinde de la prueba y no se utiliza para determinar parámetros de disponibilidad.

Si alguna prueba de acceso tiene éxito y no hay ninguna prueba de acceso que no tenga éxito por causas externas al tramo, la disponibilidad de la sección se determina por los resultados de la fase II.

En la parte inferior de la figura 17/X.138 se muestra el procesamiento de los resultados de la fase II. El procedimiento de reducción aplica los siguientes criterios de decisión basados en el cuadro 2/X.137:

- si el número observado de eventos de reiniciación más el número de estímulos de reiniciación durante la fase II es superior a N_3, la sección está indisponible;
- si el número observado de eventos de liberación de la llamada debido a desconexiones prematuras o a estímulos de desconexión prematura es superior a N_5 (en el caso de una llamada virtual conmutada), la sección está indisponible;
- si la tasa de errores residuales medida durante la fase II es superior a N_4, la sección está indisponible;
- si el caudal observado durante la fase II es inferior a N_2 bit/s, la sección está indisponible;

Si la sección no está indisponible de acuerdo con cualquiera de los cuatro criterios precedentes, se considera que la sección está disponible durante la prueba.

3.10.3 *Estimación de la disponibilidad del servicio*

Puede calcularse una estimación suficiente de la disponibilidad del servicio en una sección de circuito virtual efectuando una secuencia de pruebas de disponibilidad mínima como se describe a continuación.

Se lleva a cabo una secuencia de no menos de 300 pruebas de disponibilidad a través de la sección durante un periodo largo de medición (por ejemplo, seis meses). Debido a las duraciones previstas de las interrupciones del servicio, las sucesivas pruebas deben estar separadas entre sí por lo menos 7 horas (de este modo, las pruebas de disponibilidad se mantienen no correlacionadas). Las pruebas deben distribuirse uniformemente lo largo del horario de servicio previsto. Una prueba cuyo resultado se excluya puede ser sustituida por una prueba realizada inmediatamente después de la prueba excluida. La estimación de la disponibilidad del servicio es 100 veces el número de pruebas en las que se ha declarado que la sección está disponible, dividido por el número de pruebas cuyos resultados no se han excluido.

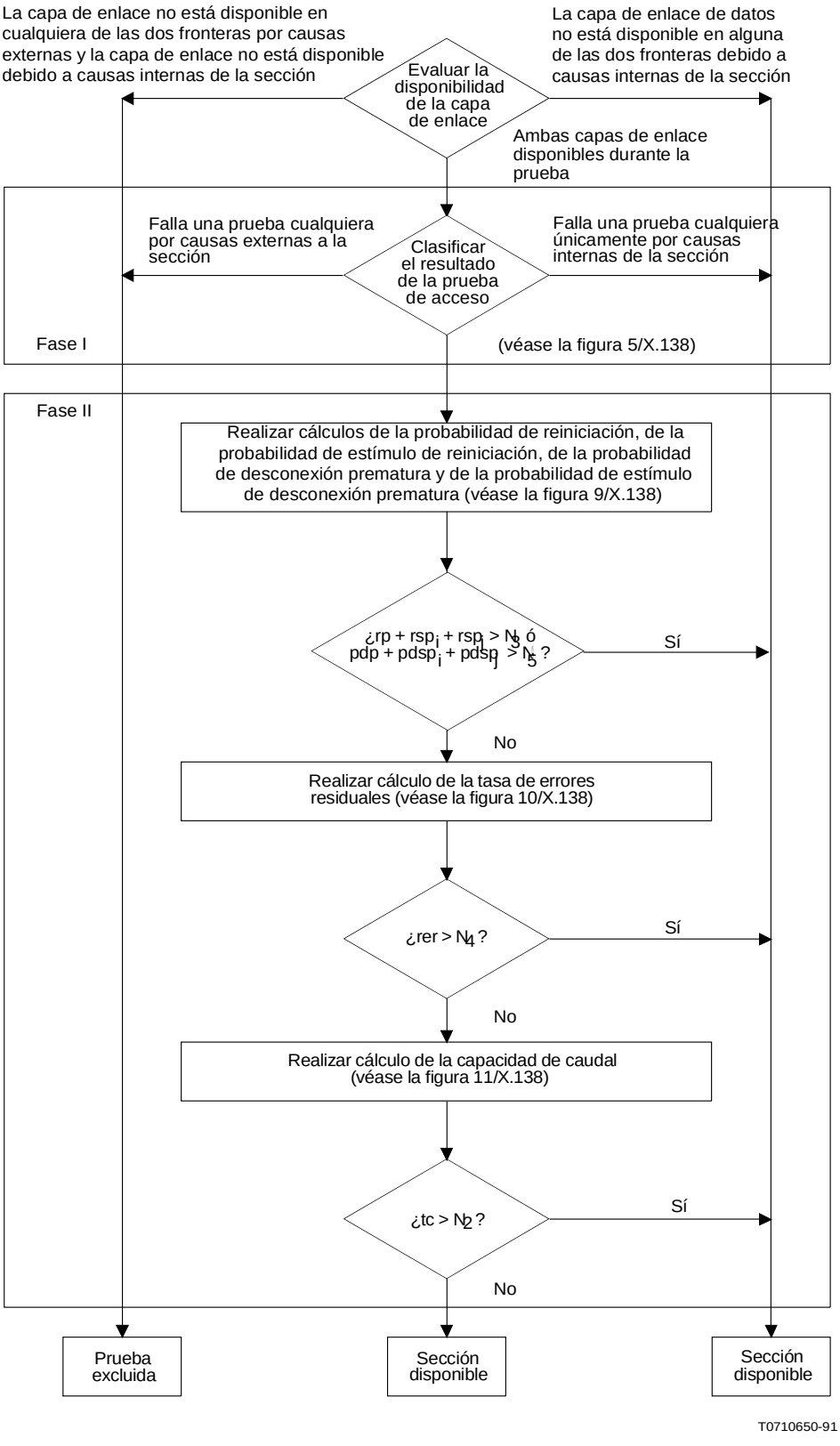


FIGURA 17/X.138
Procedimiento de reducción de datos en la prueba de disponibilidad mínima

3.10.4 *Estimación del tiempo medio entre interrupciones del servicio*

Puede calcularse una estimación suficiente del tiempo medio entre interrupciones del servicio para una sección de conexión virtual realizando una secuencia de pruebas de disponibilidad. [Estos métodos se basan en la hipótesis de un tiempo sin memoria (exponencial) a la interrupción del servicio.]

Deben seleccionarse k intervalos de tiempo separados, de duración no inferior a 30 minutos ni superior a tres horas. La duración total de los k intervalos debe ser superior al triple de la estimación previa del tiempo medio entre interrupciones del servicio. Se realizan pruebas de disponibilidad consecutivas a través de la sección durante cada intervalo. Se efectúa una prueba adicional de disponibilidad «posterior al intervalo» inmediatamente después de la última prueba de un intervalo. La estimación del tiempo medio entre interrupciones del servicio se obtiene a partir del tiempo medido (A) en el estado de disponibilidad y el número observado (F) de transiciones del estado de disponibilidad al estado de indisponibilidad.

La figura 18/X.138 muestra un procedimiento de reducción de los datos de calidad de funcionamiento recogidos y de estimación del tiempo medio entre interrupciones del servicio. El procedimiento aplica las especificaciones siguientes:

- Si se excluye el resultado de cualquier prueba de un intervalo, se descartan todas las pruebas del intervalo.
- Si la sección no está disponible durante la primera prueba de un intervalo, ha de suponerse que la transición al estado de indisponibilidad se produjo antes de que comenzase el intervalo y se descartan todas las pruebas del intervalo.
- Si la sección está disponible durante la primera prueba de un intervalo y no está disponible durante una prueba subsiguiente de cualquier intervalo, debe incrementarse el número observado (F) de transiciones al estado de indisponibilidad en una unidad. La duración acumulada (A) de los estados de disponibilidad debe incrementarse con la duración de todas las pruebas del intervalo que preceden al primer resultado de indisponibilidad. Han de descartarse todas las pruebas del intervalo que siguen al primer resultado de indisponibilidad.
- Si la sección está disponible durante todas las pruebas de un intervalo, la duración acumulada (A) de los estados de disponibilidad debe incrementarse con la duración de estas pruebas. Si la sección no está disponible durante la prueba posterior al intervalo, se incrementa el número (F) de transiciones al estado de indisponibilidad.

Una vez procesados los resultados de *k* intervalos, se calcula el tiempo medio entre interrupciones del servicio mediante la relación A/F si $F > 0$ y por A si $F = 0$.

En la estimación del tiempo medio entre interrupciones del servicio se supone que, si una interrupción comienza durante una prueba de disponibilidad, esa prueba o la prueba siguiente determinará que el tramo no está disponible. Esta es una hipótesis razonable, ya que las interrupciones del servicio, a diferencia de los fallos transitorios, durarán probablemente más de cinco minutos.

Resulta práctico y es estadísticamente justificable descartar el resto del intervalo tras un resultado de indisponibilidad. La sección de conexión virtual debe retornar al estado de disponibilidad antes de que pueda acumularse cualquier otro tiempo disponible y antes de que puedan observarse cualesquiera otras transiciones al estado de indisponibilidad. En primer lugar, el tiempo previsto para restablecer el servicio puede ser grande con respecto al tiempo restante en el intervalo. Quizás sea inapropiado y contraproducente continuar probando un tramo de red averiado o congestionado. En segundo lugar, si las transiciones al estado de indisponibilidad son estadísticamente independientes, el hecho de descartar el resto del intervalo, que puede incluir tiempo en estado de disponibilidad, no afectará al resultado. (Si las interrupciones tienden a estar agrupadas, el hecho de descartar las pruebas que siguen a una transición al estado de indisponibilidad tenderá a sobrestimar el tiempo medio entre interrupciones del servicio. Si las interrupciones tienden a estar agrupadas negativamente, el hecho de descartar las pruebas que siguen a una transición al estado de indisponibilidad tenderá a subestimar el tiempo medio entre interrupciones del servicio.) Los intervalos deben ser cortos con respecto a la suma del tiempo previsto para restablecer el servicio y el tiempo previsto entre interrupciones del servicio. Así pues, cada intervalo deberá durar no más de tres horas. Se recomienda un intervalo mínimo de 30 minutos, con pruebas de disponibilidad de cinco minutos.

Una interrupción que comience durante la primera prueba de disponibilidad de un intervalo puede dar o no un resultado de indisponibilidad. De acuerdo con el procedimiento de estimación, si se produce un resultado de indisponibilidad, se descarta el intervalo, se omite la transición de estados y se sobrestima el tiempo medio entre interrupciones del servicio. La prueba posterior al intervalo identifica cualquier transición de estado que se produzca durante la última prueba del intervalo y contabiliza determinadas transiciones ocurridas fuera del intervalo. La probabilidad de contabilizar estas transiciones es la misma probabilidad que la de omitir transiciones durante la primera prueba de un intervalo. Las dos fuentes de riesgo tienden, por tanto, a neutralizarse.

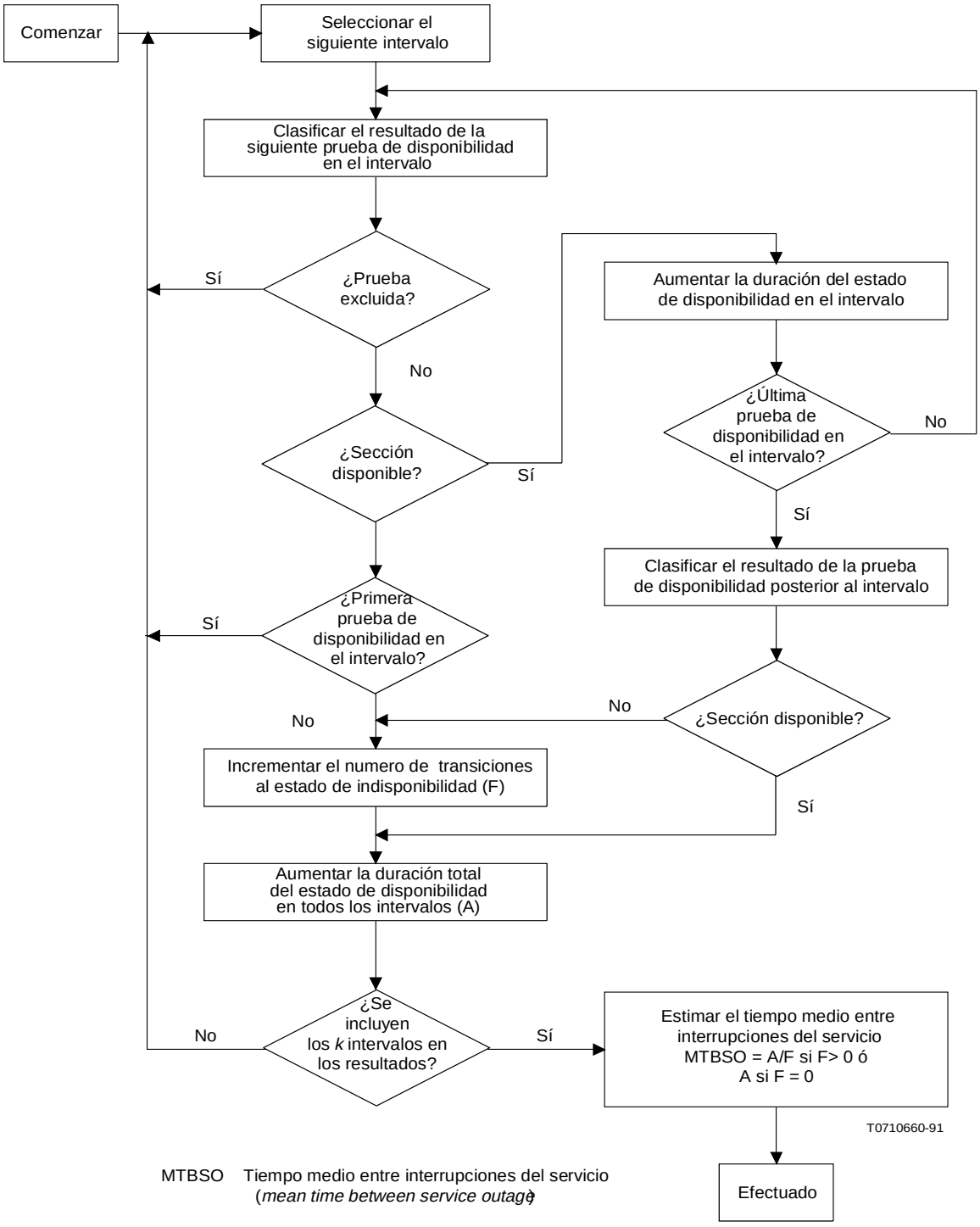


FIGURA 18/X.138

Procedimiento de reducción de datos para estimar el tiempo medio entre interrupciones del servicio

4 Procedimiento de sincronización de los equipos

4.1 *Sincronización de los equipos*

A continuación se indica un método facultativo con el que podría obtenerse la sincronización temporal entre distintos elementos de los equipos.

4.1.1 *Requisitos generales*

Cuando ha de obtenerse la sincronización se utiliza una conexión de la red telefónica pública conmutada (RTPC) para la comunicación entre los DTE, como se muestra en la figura 19/X.138.

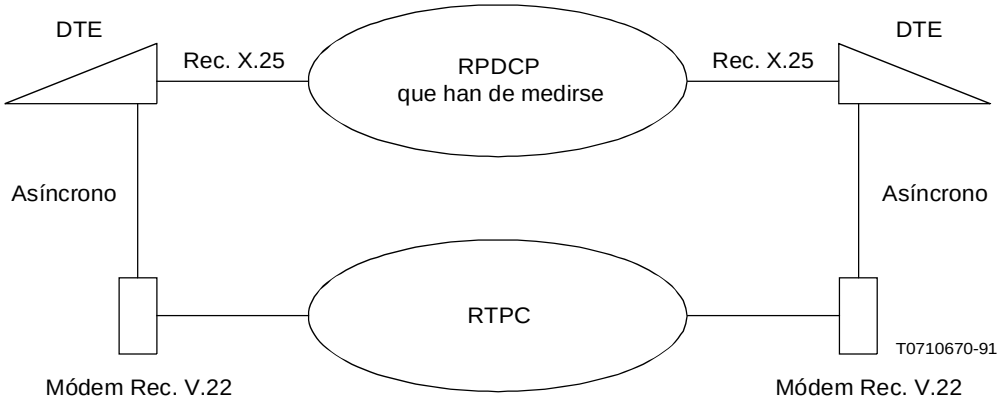


FIGURA 19/X.138

Configuración de sincronización

Sería conveniente que el trayecto de sincronización pudiera utilizarse también para transportar los resultados de las mediciones efectuadas. Esto es algo que queda en estudio.

Los DTE deben ser sincronizados inmediatamente antes de cada medición, y el periodo de mediciones no debe tener una duración que dé como resultado la deriva de una magnitud, lo que provocaría una inexactitud demasiado elevada.

4.1.2 *Línea de comunicación de la RTPC*

El DTE debe estar equipado con un puerto asíncrono, además del puerto utilizado para conectar con la red o redes con conmutación de paquetes que han de medirse. Ese puerto está conectado a la RTPC mediante un módem Rec. V.22 con respuesta automática que utiliza equipo Rec. V.25.

La conexión a través de la RTPC debe ser con conmutación de circuitos (y se supone que tenga un retardo de ida y vuelta constante). Esta conexión se requiere solamente mientras se establece la sincronización temporal.

4.1.3 *Reloj local del DTE*

El DTE debe tener un reloj local con una estabilidad suficiente para mantener la precisión de sincronización requerida durante el periodo de medición. Ha de utilizarse una precisión de por lo menos 1 en 10^5 (incluido el margen para la fijación de frecuencia inicial, la deriva y la imprecisión de sincronización).

Nota – Es necesario considerar más detalladamente la viabilidad de ese grado de precisión.

Los relojes con tal precisión pueden dar lugar a una deriva de $2 \times 10^5 \times$ tiempo, es decir que, en un tiempo de diez minutos la deriva puede ascender a unos 12 ms.

4.1.4 *Capacidad de instrucciones a distancia*

El DTE debe ser capaz de aceptar una instrucción del alfabeto internacional n° 5 (IA5, *international alphabet No 5*) desde el DTE distante a través de un puerto asíncrono, separado del puerto de medición de paquetes. Asimismo, debe ser capaz de transmitir instrucciones del IA5 al DTE distante a través de este puerto asíncrono.

4.1.5 *Reiniciación del reloj*

Cuando el DTE recibe la instrucción FIJACIÓN_TEMPORIZADOR (TIMER_SET), el reloj interno del DTE se reinicia a 0. La respuesta de esta acción debe producirse en un intervalo de 0 a 5 ms después de recibir toda la instrucción.

4.1.6 *Indicación de tiempo*

La granularidad de la indicación de tiempo debe ser inferior o igual a 1 ms.

4.1.7 *Procedimiento de sincronización*

El DTE A envía un mensaje FIJACIÓN_TEMPORIZADOR terminado por un retroceso del carro al DTE B, por el trayecto asíncrono. Sea t_0 el instante en que se emite el retroceso del carro.

Cuando el DTE B recibe el retroceso del carro, pone su reloj a cero y emite una respuesta ACUSE RECIBO_TEMPORIZADOR terminada por un retroceso del carro al DTE A. Estas dos acciones deben realizarse en un intervalo de 5 ms tras la recepción del mensaje FIJACIÓN_TEMPORIZADOR.

Cuando el DTE A recibe el retroceso del carro en el instante t_1, pone su reloj a **Error!** donde t_m es el tiempo que dura la transmisión asíncrona del mensaje ACUSE RECIBO_TEMPORIZADOR, es decir, 83,3 ms a 1200 bit/s.

La figura 20/X.138 ilustra el proceso anterior.

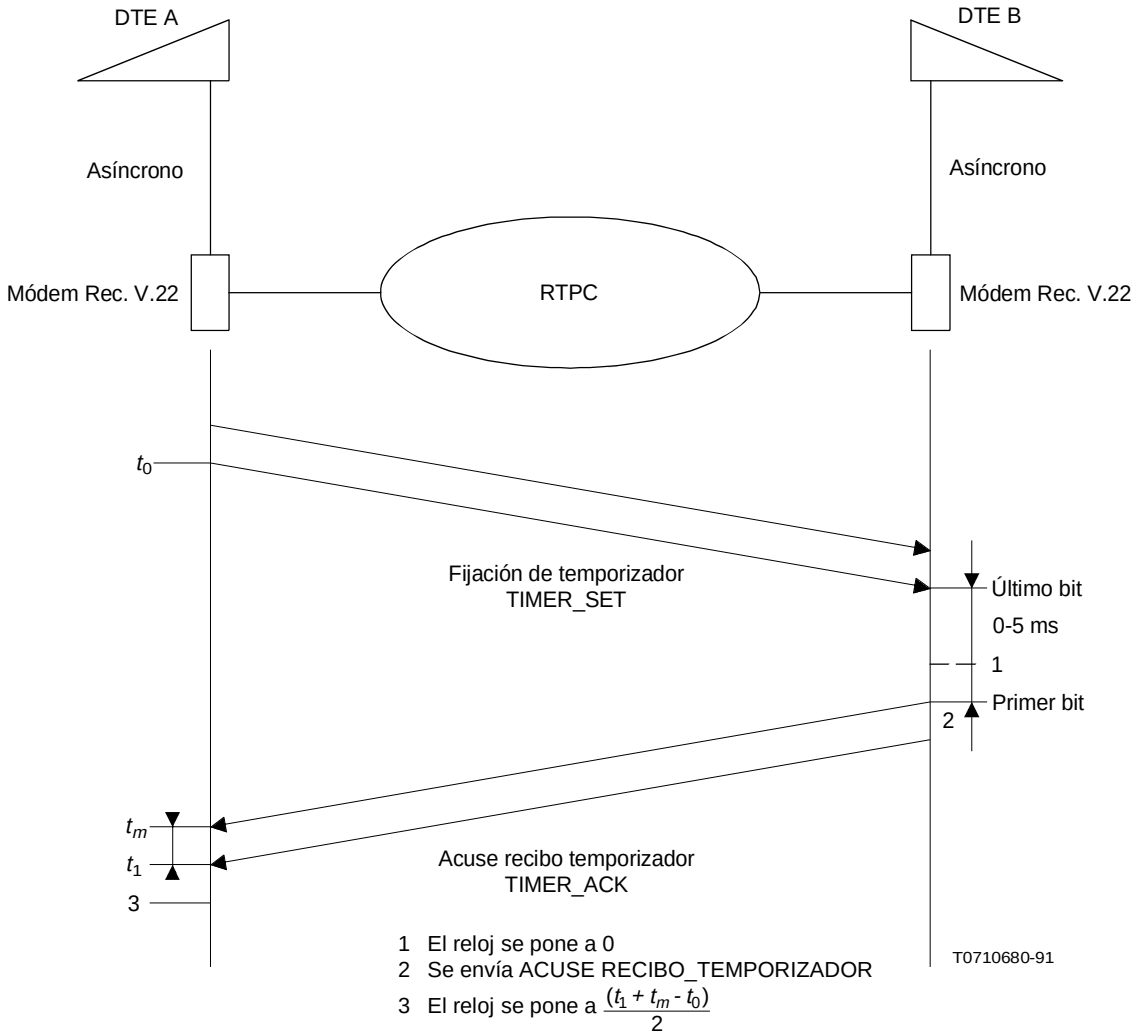


FIGURA 20/X.138

Procedimiento de sincronización

ANEXO A

(a la Recomendación X.138)

Cálculo estadístico de calidad de funcionamiento de las redes con conmutación de paquetes

Este anexo contiene información detallada sobre el cálculo de estadísticos de calidad de funcionamiento de redes con conmutación de paquetes y las condiciones de medición (factores) que pueden influir en su observación. En el § A.1 figuran fórmulas detalladas. En el § A.2 se dan algunas definiciones de estadísticos básicos y en el § A.3 se indica un factor de corrección de las fórmulas de medición del caudal.

A.1 *Estadísticos*

Los cuadros A-1/X.138 a), b) y c) dan una referencia para el cálculo de los estadísticos pertinentes de los parámetros de calidad de funcionamiento de las Recomendaciones X.135, X.136 y X.137. Para cada parámetro se da una ecuación con la que calcular una sola observación *x*. La mayoría de estas ecuaciones utilizan nombres de variables definidos en dichas Recomendaciones.

CUADRO A-1/X.138

Cálculo de estadísticos de los parámetros de calidad de funcionamiento

a) Velocidad de servicio – Retardo

Parámetro	Una observación	Media de la muestra	Estimación de la varianza
Tiempo de establecimiento de la comunicación	$d_1 - d_2 = x$, (nota 1)	**Error!**	**Error!**
Tiempo de transferencia de paquetes de datos	$t_1 - t_2 = x$, (nota 2)	**Error!**	**Error!**
Retardo de indicación de liberación	$t_1 - t_2 = x$, (nota 3)	**Error!**	**Error!**

b) Velocidad de servicio – Capacidad de caudal

Parámetro	Una observación	Ponderaciones	Media de la muestra que ha de estimarse (nota 5)
Capacidad de caudal	**Error!**	**Error!**	**Error!**

Nota 1 – d_1, d_2 se definen en el § 2.2 de la Recomendación X.135.

Nota 2 – t_1, t_2 se definen en el § 3.1 de la Recomendación X.135.

Nota 3 – t_1, t_2 se definen en el § 5.1 de la Recomendación X.135.

Nota 4 – $T(\gamma)$ = caudal en régimen permanente medido con niveles de factores óptimos, γ.

Nota 5 – La varianza de la muestra de la capacidad de caudal es:

Error!

aunque esto sólo es válido si las duraciones temporales, t_i (i = 1 a N) son todas iguales. La interpretación de la varianza de la muestra de la capacidad de caudal es clara en este caso, pero no en el caso de una muestra ponderada. Este cálculo se aplicaría cuando se utilizara una técnica de medición alternativa (véase el § 4.2 de la Recomendación X.135).

c) Precisión, seguridad de funcionamiento y disponibilidad

Parámetro	Una observación	Ponderaciones	Media de la muestra
Probabilidad de error en el establecimiento de la comunicación	0,1 = *x*, (nota 1)	–	**Error!**
Probabilidad de fallo en el establecimiento de la comunicación	0,1 = *x*, (nota 2)	–	**Error!**
Tasa de errores residuales	**Error!** (nota 3)	**Error!**	**Error!**
Probabilidad de estímulo de reiniciación (para una sola frontera)	**Error!**	**Error!**	**Error!**
Probabilidad de reiniciación	**Error!**	**Error!**	**Error!**
Probabilidad de estímulo de desconexión prematura (para una sola frontera)	**Error!**	**Error!**	**Error!**
Probabilidad de desconexión prematura	**Error!**	**Error!**	**Error!**
Probabilidad de fallo de liberación de la llamada	0,1 = *x*, (nota 8)	–	**Error!**
Disponibilidad del servicio	0,100 = *x*, (nota 9)	–	**Error!**
Tiempo medio entre interrupciones del servicio	**Error!**	**Error!**	**Error!**

Nota 1 – *x* = 1 si se produce un error de establecimiento de la comunicación en el establecimiento de la comunicación (véase el § 2.1.1 de la Recomendación X.136).

Nota 2 – *x* = 1 si se produce un fallo de establecimiento de la comunicación en el establecimiento de la comunicación (véase el § 2.2.1 de la Recomendación X.136).

Nota 3 – Resultados totales especificados en la figura 3/X.136.

Nota 4 – s es el número de estímulos de reiniciación observados en la frontera (véase el § 3.2.1 de la Recomendación X.136).

N_{vc-s} es el número de segundos de circuito virtual observados.

Nota 5 – R es el número de eventos de reiniciación observados (véase el § 3.2.2 de la Recomendación X.136).

N_{vc-s} es el número de segundos de circuito virtual observados.

Nota 6 – d es el número de estímulos de desconexión prematura observados en la frontera (véase el § 3.3.1 de la Recomendación X.136).

N_{vc-s} es el número de segundos de circuito virtual observados.

Nota 7 – s es el número de eventos de desconexión prematura observados (véase el § 3.3.2 de la Recomendación X.136).

N_{vc-s} es el número de segundos de circuito virtual observados.

Nota 8 – x = 1 si se produce un fallo de llamada en la liberación de la llamada (véase el § 4.1 de la Recomendación X.136).

Nota 9 – x = 100 si la observación determina que el servicio está disponible (véase el § 3.1 de la Recomendación X.137).

Nota 10 – A es la duración acumulada de estados de disponibilidad.

F es el número de transiciones a estado de indisponibilidad observadas ó 1 (véase el § A.3 a la Recomendación X.137).

Para cada parámetro se da una ecuación con la que convertir múltiples observaciones, x_i, en una media de la muestra, x. En los casos en que las observaciones no dependen de la duración de la observación ni del número de bits transmitidos, la media de la muestra es la media aritmética. En los demás casos (capacidad de caudal, tasa de errores residuales, probabilidad de estímulo de reiniciación, probabilidad de estímulo de desconexión prematura, probabilidad de desconexión prematura, tiempo medio entre interrupciones del servicio), las medias de las muestras se calculan ponderando cada observación adecuadamente, ya sea por la duración de la observación o por el número de bits transmitidos.

Para tres de los parámetros (tiempo de establecimiento de la comunicación, tiempo de transferencia de paquetes de datos y retardo de indicación de liberación) se da una fórmula para calcular la varianza en la distribución del parámetro. Se supone que los otros cuatro parámetros (probabilidad de error en el establecimiento de la comunicación, probabilidad de fallo en el establecimiento de la comunicación, probabilidad de fallo en la liberación de la llamada, disponibilidad del servicio) están distribuidos binomialmente y por ende, la varianza y la varianza de la muestra no contienen información adicional sobre la calidad de funcionamiento del servicio. Para los seis parámetros restantes, cuyas observaciones individuales dependen de la duración de la observación o del número de bits transmitidos durante la observación (capacidad de caudal, tasa de errores residuales, probabilidad de estímulo de reiniciación, probabilidad de estímulo de desconexión prematura, probabilidad de desconexión prematura, tiempo medio entre interrupciones del servicio), no se dan fórmulas con las que calcular una varianza de la muestra. El cálculo de la variabilidad de estos parámetros, requiere que se elija un solo tamaño de observación fijo para cada parámetro.

El primer paso en el desarrollo de un conjunto de observaciones de la capacidad de caudal es elegir un conjunto óptimo (o casi óptimo) de niveles de factores controlables por el usuario γ. El tamaño de ventana de la capa de paquete, la longitud de paquetes de datos, la clase de caudal, la utilización del bit D y las separaciones entre paquetes deben elegirse de modo que se maximice el caudal posible. En el § A.2 se dan directrices sobre cómo ajustar estos parámetros para mejorar el caudal. Cada observación de la capacidad de caudal se basa en el conjunto óptimo de niveles de factores γ. La media de estas observaciones, ponderada por la duración de cada observación, da una sola estimación de la capacidad de caudal.

Para interpretar adecuadamente los valores de calidad de funcionamiento medidos, deben conocerse las condiciones de medición pertinentes. En el cuadro A-2/X.138 se identifican factores generales que pueden influir en los valores de cada uno de los parámetros de calidad de funcionamiento definidos. Las medidas proporcionadas de acuerdo con esta Recomendación deben contener, o hacer referencia, a una especificación de los niveles de factores pertinentes que existen durante la medición. A continuación se describen los efectos de los factores especificados sobre el caudal. Se dan también directrices sobre cómo informar de múltiples pruebas y un factor de corrección de la medición del caudal.

CUADRO A-2/X.138

Factores que pueden influir en los valores de los parámetros de calidad de funcionamiento

Factores	csd	dpd	tc	cid	cep	cfp	rer	rsp	rp	pdsp	pdp	ccfp	sa	mtbso
Velocidad de señalización	x	x	x	x										
Tamaño de paquete de la capa de enlace de datos	x	x	x	x										
Tamaño de ventana de la capa de paquete		x	x											
Longitud de paquete		x	x				x							
Otras conexiones virtuales	x	x	x	x	x		x		x		x		x	x
Hora del día	x	x	x	x	x		x		x		x		x	x
Clase de caudal		x	x											
Utilización del bit D			x											
Separaciones entre paquetes		x	x											

csd Tiempo de establecimiento de la comunicación

dpd Tiempo de transferencia de paquetes de datos

tc Capacidad de caudal

cid Retardo de indicación de liberación

cep Probabilidad de error en el establecimiento de la comunicación

cfp Probabilidad de fallo en el establecimiento de la comunicación

rer Tasa de errores residuales

rsp Probabilidad de estímulo de reiniciación

rp Probabilidad de reiniciación

pdsp Probabilidad de estímulo de desconexión prematura

pdp Probabilidad de desconexión prematura

ccfp Probabilidad de fallo de liberación de la llamada

sa Disponibilidad del servicio

mtbso Tiempo medio entre interrupciones del servicio

A.2 *Fórmulas estadísticas*

A continuación se dan diversas fórmulas estadísticas para eliminar la confusión que a menudo resulta de la comparación entre fórmulas para parámetros de muestra (estimados) y parámetros de la distribución (de población).

A.2.1 *Media de las muestras*

La media observada el promedio aritmético de un conjunto de observaciones, se utiliza como una estimación de la media verdadera de la distribución subyacente. De manera general, la media:

Error!

es el estimador de probabilidad máximo de la media de la distribución verdadera.

A.2.2 *Varianza de las muestras*

La varianza estimada, $s(X)$ o s, de una secuencia de observaciones, se define como sigue:

Error!

y se utiliza para obtener estimaciones de la precisión de la media estimada $\overline{x}$.

La utilización del factor **Error!** asegura que el estimador no estará sesgado, en el sentido de que $E[s(X)] = V$, donde V es la varianza verdadera de la distribución subyacente.

A.2.3 *Percentil x*

El percentil $x (0 < x < 100)$ de una distribución continua acumulada F es cualquier número Y que satisface la ecuación **Error!**. Si además F es estrictamente creciente, Y es único. En las distribuciones discretas, la mayoría de los percentiles no son únicos. En tal caso, un Y para el que $F(Y)$ es mínima, siempre de que **Error!**, es un percentil x.

Por ejemplo, el percentil 95 de un conjunto de mediciones sería cualquier número Y para el que:

1) por lo menos el 95% de las mediciones están por debajo de Y;

2) el número de las mediciones por debajo de Y es un mínimo.

A.2.4 *Mínimo*

El mínimo de un conjunto de medidas es el valor más bajo alcanzado por cualquier medición en el conjunto.

A.2.5 *Máximo*

El máximo de un conjunto de medidas es el valor más alto alcanzado por cualquier medición en el conjunto.

A.3 *Factor de corrección de la medida del caudal*

Cuando el caudal se mide por observación de eventos de salida, puede aplicarse un factor de corrección a la fórmula de medición del caudal que tendrá en cuenta cualquier diferencia del tamaño de A_0 y A_k o A_0 y A_m (que se definen en el § 4.1 de la Recomendación X.135).

El factor de corrección, cuando se observan eventos de salida en B_i es como sigue:

Condición	*Corrección*
$f(A_0) = f(A_k)$	No hay corrección
$f(A_0) > f(A_k)$	Substraer de $t_2 - t_1$ el tiempo de inserción en la frontera B_i de los bits de datos de usuarios [$f(A_0) - f(A_k)$] que sobran en A_0
$f(A_0) < f(A_k)$	Añadir a $t_2 - t_1$ el tiempo de inserción en la frontera B_i de los bits de datos de usuarios [$f(A_0) - f(A_k)$] que faltan en A_0

La tabla análoga para el caso en que se observan eventos de salida en B_j es como sigue:

Condición	*Corrección*
$f(A_0) = f(A_k)$	No hay corrección
$f(A_0) > f(A_k)$	Substraer de $t_2 - t_1$ el tiempo de inserción en la frontera B_j de los bits de datos de usuarios [$f(A_0) - f(A_k)$] que sobran en A_0
$f(A_0) < f(A_k)$	Añadir a $t_2 - t_1$ el tiempo de inserción en la frontera B_j de los bits de datos de usuarios [$f(A_0) - f(A_k)$] que faltan en A_0

El error introducido por la no aplicación del factor de corrección será muy pequeño normalmente.

ANEXO B

(a la Recomendación X.138)

Factores que pueden afectar a la calidad de funcionamiento medida

B.1 *Velocidad de señalización*

La velocidad de señalización en una sección de circuito (medida normalmente en bits por segundo) proporciona un límite superior de la capacidad de caudal de esa sección. En general, velocidades de señalización mayores dan un mayor caudal. El tiempo de establecimiento de la comunicación, el tiempo de transferencia de los paquetes de datos y el retardo de indicación de liberación resultan afectados, así mismo, por la velocidad de señalización. También en este caso, una velocidad de señalización más alta en una sección de circuito da como resultado, por lo general, valores de retardo más bajos.

B.2 *Tamaño de ventana de la capa de enlace de datos*

Como la capa de enlace de datos está por debajo de los canales lógicos que están por encima de ella, afecta al tiempo de establecimiento de la comunicación y al retardo de indicación de liberación, así como al tiempo de transferencia de los paquetes de datos y al caudal. Normalmente, tamaños mayores de ventana de la capa de enlace de datos disminuyen el retardo y aumentan el caudal.

B.3 *Tamaño de ventana de la capa de paquete*

Tamaños mayores de ventana de la capa de red pueden aumentar el caudal y disminuir el retardo.

B.4 *Longitud de los paquetes*

La longitud de los paquetes de datos puede afectar al tiempo de transferencia de los paquetes de datos, al caudal y, posiblemente, a la tasa de errores residuales. El retardo asociado a paquetes de datos más largos es mayor, pero también es mayor el caudal, debido a una mayor eficacia. Los paquetes de datos más largos tienen una probabilidad teóricamente mayor de tener errores en el campo de datos de usuario que podrían no ser detectados por la verificación de redundancia cíclica del decimosexto bit de la capa de enlace de datos y, de este modo, hay un aumento correspondiente de la probabilidad de errores residuales.

B.5 *Otras conexiones virtuales*

La existencia de conexiones virtuales activas distintas de la que se prueba en el mismo enlace de datos puede aumentar la carga de ese enlace. Por ello, un gran número de parámetros de calidad de funcionamiento (tiempo de establecimiento de la comunicación, tiempo de transferencia de los paquetes de datos, caudal, probabilidad de fallo en el establecimiento de la comunicación, probabilidad de reiniciación, probabilidad de desconexión prematura, retardo de indicación de liberación, disponibilidad del servicio y tiempo medio entre interrupciones de servicio) pueden ser afectados, debido a la contienda en la capa de enlace de datos subyacente.

B.6 *Hora del día*

Puesto que la hora del día suele influir en la carga de la red, este factor afecta a la calidad de funcionamiento de manera similar que la existencia de otras conexiones virtuales.

B.7 *Clase de caudal*

Este factor puede afectar al tiempo de transferencia de los paquetes de datos y al caudal en algunas redes. Debe elegirse el máximo admisible cuando se mide la capacidad de caudal.

B.8 *Utilización del bit D*

Cuando el bit D se pone a 1 en un paquete de datos, el DTE receptor tiene que generar un paquete de receptor preparado (RR, *receiver ready*) que confirme específicamente la recepción de ese paquete de datos, por lo que su utilización puede aumentar la carga en la conexión virtual y disminuir así el caudal.

B.9 *Separaciones entre paquetes*

Deben especificarse las reglas que rigen los intervalos de tiempo entre paquetes de datos sucesivos en las pruebas del tiempo de transferencia de los paquetes de datos (que son distintas a las requeridas por la red a efectos de control de flujo). El aumento de las separaciones entre paquetes tiende a disminuir el retardo y el caudal.

B.10 *Informe de múltiples pruebas efectuadas entre diferentes ubicaciones*

La caracterización plena de la calidad de funcionamiento de la red puede requerir que se efectúen múltiples mediciones de prueba entre diferentes ubicaciones de nodos, tales como ciudades. Por lo general, debe informarse de los lugares donde se efectúan las pruebas. Si los datos medidos son afectados significativamente por la configuración geográfica de la prueba, deberá considerarse la geografía como un factor e incorporarlo en los procedimientos estadísticos apropiados, utilizados para estimar los parámetros de calidad de funcionamiento.

ANEXO C

(a la Recomendación X.138)

Ejemplos de utilización de las medidas

La precisión requerida en las mediciones dependerá del uso que se haga de los resultados. A continuación se dan tres objetivos comunes de las medidas de calidad de funcionamiento.

C.1 *Ejemplos*

C.1.1 *Prueba de aceptación*

La aceptación de un servicio dependerá de la demostración de un nivel dado de calidad de funcionamiento, demostración que puede hacerse midiendo los parámetros especificados de calidad de funcionamiento y realizando una prueba de hipótesis para determinar si los niveles de calidad de funcionamiento son aceptables.

Generalmente éstas son pruebas de hipótesis de un solo lado. A continuación se indica una prueba del tiempo de transferencia de los paquetes de datos. La hipótesis nula H_0 es que el tiempo es aceptable, como lo será en la mayoría de los casos, mientras que la hipótesis alternativa H_a es que el tiempo es demasiado grande y, por tanto, inaceptable.

H_0 : El tiempo medio de transferencia de paquetes de datos es ≤ x ms.

H_a : El tiempo medio de transferencia de los paquetes de datos es > x ms.

H_0 y H_a se invertirán cuando sea mejor un valor de un parámetro más alto (por ejemplo, disponibilidad de servicio).

C.1.2 *Mantenimiento*

Puesto que el servicio ha sido aceptado con un determinado nivel de calidad de funcionamiento, es posible que los proveedores del servicio deseen establecer límites de mantenimiento. Se trata de umbrales de calidad de funcionamiento en los cuales el proveedor realiza acciones para restablecer la calidad que se ha degradado a niveles más bajos que los aceptables. En la siguiente prueba de hipótesis, la x se refiere al valor dado en la prueba de aceptación anterior, y el rechazo de la hipótesis nula (no es necesario el mantenimiento) servirá de base para realizar el mantenimiento.

H_0 : El tiempo medio de transferencia de paquetes de datos es ≤ x ms.

H_a : El tiempo medio de transferencia de los paquetes de datos es > x ms.

C.1.3 *Conformidad de los datos con una distribución particular*

En algunos casos, interesa saber si un conjunto de medidas se conforma razonablemente bien o no con una distribución determinada. Este tipo de prueba es importante para determinar si una hipótesis sobre la distribución de un determinado tipo de medida es correcta. En la prueba que se indica a continuación, la hipótesis nula es que la distribución es uniforme en el intervalo cerrado de 0 a 10.

H_0 : La distribución del tiempo de transferencia de los paquetes de datos es uniforme (0, 10).

H_a : El tiempo medio de transferencia de los paquetes de datos no es uniforme (0, 10).

C.2 *Comparaciones por pares y múltiples*

Las comparaciones por pares y múltiples son útiles para evaluar el efecto de un factor o combinación de factores sobre la calidad de funcionamiento observada. Una serie de comparaciones por pares de valores medios no es equivalente a una comparación simultánea de todos los valores medios. Por tanto, la conclusión de que la media *A* no es significativamente diferente de la media *B* y de que la media *C* no es significativamente diferente de la media *B* no conduce necesariamente a la conclusión de que las medias *A* y *C* no son significativamente diferentes entre sí, y ciertamente no en el mismo nivel de significación.

ANEXO D

(a la Recomendación X.138)

Lista por orden alfabético de las abreviaturas contenidas en esta Recomendación

ccfp Probabilidad de fallo de liberación de la llamada *(call clear failure probability)*

cep Probabilidad de error en el establecimiento de la comunicación *(call set-up error probability)*

cfp Probabilidad de fallo en el establecimiento de la comunicación *(call set-up failure probability)*

cid Retardo de indicación de liberación *(clear indication delay)*

csd Tiempo de establecimiento de la comunicación *(call set-up delay)*

DCE	Equipo de terminación del circuito de datos *(data circuit-terminating equipment)*
dlb	Bucle de datos *(data loopback)*
dpd	Tiempo de transferencia de paquetes de datos *(data packet transfer delay)*
DTE	Equipo terminal de datos *(data terminal equipment)*
MTBSO	Tiempo medio entre interrupciones del servicio *(mean time between service outage)*
OSI	Interconexión de sistemas abiertos *(open systems interconnection)*
pdsp	Probabilidad de estímulo de desconexión prematura *(premature disconnect stimulus probability)*
PE	Eventos de protocolo *(protocol event)*
PVC	Circuito virtual permanente *(permanent virtual circuit)*
rer	Tasa de error residual *(residual error rate)*
rlb	Bucle de encaminamiento *(rooting loopback)*
rp	Probabilidad de reiniciación *(reset probability)*
RPDCP	Red pública de datos con conmutación de paquetes
RR	Receptor preparado *(receiver ready)*
rsp	Probabilidad de estímulo de reiniciación *(reset stimulus probability)*
RTPC	Red teléfonica pública conmutada
sa	Disponibilidad del servicio *(service availability)*
SABM	Paso al modo equilibrado asíncrono *(set asynchronous balanced mode)*
SABME	Paso al modo equilibrado asíncrono ampliado *(set asynchronous balanced mode extended)*
STE	Equipo terminal de señalización *(signalling terminal equipment)*
SVC	Circuito virtual conmutado *(switched virtual call)*
tc	Capacidad de caudal *(throughput capacity)*