



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

**UIT-T**

**Q.706**

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

(03/93)

**ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA  
DE SEÑALIZACIÓN N.º 7**

---

**SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN N.º 7 –  
CALIDAD DE SEÑALIZACIÓN DE LA  
PARTE TRANSFERENCIA DE MENSAJES**

**Recomendación UIT-T Q.706**

(Anteriormente «Recomendación del CCITT»)

---

## PREFACIO

El Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-T) es un órgano permanente de la Unión Internacional de Telecomunicaciones. El UIT-T tiene a su cargo el estudio de las cuestiones técnicas, de explotación y de tarificación y la formulación de Recomendaciones al respecto con objeto de normalizar las telecomunicaciones sobre una base mundial.

La Conferencia Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (CMNT), que se reúne cada cuatro años, establece los temas que habrán de abordar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que preparan luego Recomendaciones sobre esos temas.

La Recomendación UIT-T Q.706, revisada por la Comisión de Estudio XI (1988-1993) del UIT-T, fue aprobada por la CMNT (Helsinki, 1-12 de marzo de 1993).

---

## NOTAS

1 Como consecuencia del proceso de reforma de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), el CCITT dejó de existir el 28 de febrero de 1993. En su lugar se creó el 1 de marzo de 1993 el Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-T). Igualmente en este proceso de reforma, la IFRB y el CCIR han sido sustituidos por el Sector de Radiocomunicaciones.

Para no retrasar la publicación de la presente Recomendación, no se han modificado en el texto las referencias que contienen los acrónimos «CCITT», «CCIR» o «IFRB» o el nombre de sus órganos correspondientes, como la Asamblea Plenaria, la Secretaría, etc. Las ediciones futuras en la presente Recomendación contendrán la terminología adecuada en relación con la nueva estructura de la UIT.

2 Por razones de concisión, el término «Administración» se utiliza en la presente Recomendación para designar a una administración de telecomunicaciones y a una empresa de explotación reconocida.

© UIT 1994

Reservados todos los derechos. No podrá reproducirse o utilizarse la presente Recomendación ni parte de la misma de cualquier forma ni por cualquier procedimiento, electrónico o mecánico, comprendidas la fotocopia y la grabación en micropelícula, sin autorización escrita de la UIT.

## ÍNDICE

		<i>Página</i>
1	Parámetros básicos relacionados con la calidad de señalización de la MTP.....	1
	1.1 Indisponibilidad de un conjunto de rutas de señalización .....	1
	1.2 Defecto de funcionamiento inevitable de la MTP .....	1
	1.3 Tiempos de transferencia de los mensajes .....	1
	1.4 Capacidad de caudal de tráfico de señalización .....	1
2	Características del tráfico de señalización.....	2
	2.1 Posibilidad de etiquetado.....	2
	2.2 Posibilidad de carga.....	2
	2.3 Estructura del tráfico de señalización .....	2
3	Parámetros relativos a las características de transmisión .....	3
	3.1 Aplicación del sistema de señalización N.º 7 a enlaces a 64 kbit/s .....	3
	3.2 Aplicación del sistema de señalización N.º 7 a enlaces que utilizan velocidades binarias inferiores .....	3
	3.3 Demoras de enlace de señalización en enlaces terrenales y por satélite .....	3
4	Parámetros que influyen en la calidad de señalización .....	4
	4.1 Red de señalización .....	4
	4.2 Demoras de espera.....	5
	4.3 Tiempos de transferencia de los mensajes .....	15
	4.4 Protección contra los errores .....	18
	4.5 Disposiciones de seguridad.....	19
	4.6 Averías.....	20
	4.7 Prioridades .....	20
5	Estimación de los tiempos de transferencia de mensajes .....	20
	5.1 Estimación de $T_{CS}$ .....	21
	5.2 Cálculos para $T_{Od}$ .....	21
	5.3 Estimaciones del tiempo de tratamiento en el procesador STP ( $T_{ph}$ ) .....	31
6	Calidad de funcionamiento en condiciones desfavorables .....	32
	6.1 Condiciones desfavorables .....	32
	6.2 Influencia de las condiciones desfavorables .....	32
	Anexo A – Cálculo de la demora de transmisión .....	32
	Anexo B – Cálculo de la demora del enlace de salida ( $T_{Od}$ ) .....	34
	B.1 Cálculo del $k$ -ésimo momento del tiempo de emisión de la MSU .....	34
	B.2 Cálculo aproximado de los valores del 95% de $T_{Od}$ .....	35
	Referencia.....	36

## INTRODUCCIÓN

La parte transferencia de mensajes (MTP, *message transfer part*) del sistema de señalización N.º 7 (SS N.º 7) se ha concebido como un sistema común de transporte para los mensajes de diferentes usuarios. La MTP debe cumplir los requisitos de los diferentes usuarios. Estos requisitos no son necesariamente los mismos, pudiendo variar su importancia y severidad.

Con objeto de satisfacer los requisitos individuales de todos los usuarios, se ha concebido la MTP de forma que pueda cumplir los requisitos más severos de la parte de usuario previstos en el momento de efectuar la especificación. Con este fin, se han estudiado, en particular, los requisitos del servicio telefónico, del servicio de transmisión de datos y de gestión de la red de señalización. Se ha supuesto que una calidad de señalización que cumpla los requisitos antes mencionados podrá asimismo satisfacer las necesidades de los futuros usuarios.

Teniendo en cuenta lo expuesto, se entiende por calidad de funcionamiento del sistema de señalización, la aptitud de la MTP para transferir mensajes de longitud variable de diferentes usuarios según un procedimiento definido. A fin de alcanzar una calidad de funcionamiento de señalización adecuada, se han tenido en cuenta tres grupos de parámetros:

- El primer grupo engloba los objetivos derivados de los requisitos de los diferentes usuarios. Sus objetivos son la limitación del retardo de los mensajes, la protección contra todo tipo de averías y la garantía de disponibilidad.
- El segundo grupo abarca las características del tráfico de señalización, como la capacidad de carga y la estructura del tráfico de señalización.
- El tercer grupo comprende las influencias del ambiente dado, tales como las características del medio de transmisión (por ejemplo, tasa de errores y tendencia a la aparición de ráfagas).

En la especificación de los procedimientos para la transferencia de mensajes por la MTP se recogen los tres grupos de parámetros de forma que se cumplan los requisitos de señalización de todos los usuarios y se obtenga una calidad global de funcionamiento del sistema de señalización uniforme y satisfactoria.

## SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN N.º 7 – CALIDAD DE SEÑALIZACIÓN DE LA PARTE TRANSFERENCIA DE MENSAJES

(Ginebra, 1980; modificada en Helsinki, en 1993)

### 1 Parámetros básicos relacionados con la calidad de señalización de la MTP

En la definición de calidad de señalización interviene un gran número de parámetros diferentes. Con objeto de asegurar una calidad de señalización adecuada a todos los usuarios a que debe dar servicio la MTP, se establecen los objetivos de diseño siguientes para la MTP.

#### 1.1 Indisponibilidad de un conjunto de rutas de señalización

La indisponibilidad de un conjunto de rutas de señalización se determina por la indisponibilidad de las diferentes partes constitutivas de la red de señalización (enlaces de señalización y puntos de señalización) y por la estructura de dicha red.

La indisponibilidad de un conjunto de rutas de señalización no deberá exceder de un total de 10 minutos por año.

La indisponibilidad de un conjunto de rutas de señalización dentro de una red de señalización puede reducirse por repetición de enlaces de señalización, trayectos de señalización y rutas de señalización.

#### 1.2 Defecto de funcionamiento inevitable de la MTP

La MTP se ha concebido para transportar mensajes en un orden secuencial correcto. Además, los mensajes están protegidos contra los errores de transmisión, aunque esta protección no puede ser absoluta. Además, no puede excluirse que, en casos extremos, se produzcan errores de secuencia y pérdidas de mensajes en la MTP.

La MTP garantiza las condiciones siguientes para todas las partes usuario:

a) *Errores no detectados*

En un enlace de señalización que emplee un enlace de datos de señalización en el que la tasa de errores tenga las características descritas en la Recomendación Q.702, no más de una de cada  $10^{10}$  unidades de señalización de mensajes contendrá errores no detectados por la MTP.

b) *Pérdida de mensajes*

Como consecuencia de un fallo en la MTP no se perderá más de un mensaje de cada  $10^7$  mensajes.

c) *Mensajes fuera de secuencia*

Como consecuencia de un fallo en la MTP no se entregará fuera de secuencia a las partes usuario más de un mensaje de cada  $10^{10}$  mensajes. Este valor incluye asimismo la duplicación de mensajes.

#### 1.3 Tiempos de transferencia de los mensajes

Este parámetro comprende:

- tiempos de tratamiento en los puntos de señalización (véase 4.3);
- demoras de espera, incluidas las demoras de retransmisión (véase 4.2);
- tiempos de propagación del enlace de datos para la señalización.

#### 1.4 Capacidad de caudal de tráfico de señalización

Este aspecto queda en estudio (véase 2.2).

## **2 Características del tráfico de señalización**

### **2.1 Posibilidad de etiquetado**

En el diseño del sistema de señalización N.º 7 se ha previsto la posibilidad de identificar, mediante etiquetas, 16 384 puntos de señalización. Para cada una de las 16 partes usuario diferentes se puede identificar una serie de transacciones de usuario, por ejemplo, hasta 4096 circuitos telefónicos en el caso del servicio telefónico.

### **2.2 Posibilidad de carga**

Considerando que la carga por canal de señalización variará con las características de tráfico del servicio, con las transacciones de usuario servidas y con el número de señales que se utilicen, no puede especificarse un límite máximo general de transacciones de usuario que un canal de señalización puede tratar. El número máximo de transacciones de usuario que puede atenderse debe determinarse, en cada caso particular, teniendo en cuenta las características del tráfico, a fin de que la carga total de señalización se mantenga a un nivel aceptable desde distintos puntos de vista.

Con relación a la congestión de un conjunto de rutas de señalización (véase 11.2.3/Q.704), el último método mencionado en 11.2.3.1 ii) b), el método del enlace congestionado para decidir cuándo enviar un mensaje de transferencia controlada tiene ventajas en el caso de distribución asimétrica de la carga en un conjunto de enlaces.

Al determinar la carga normal del canal de señalización debe tenerse en cuenta la necesidad de prever un margen suficiente para cargas de tráfico de cresta.

Se detallan a continuación diversos factores que limitan la carga de un canal de señalización.

#### **2.2.1 Demora de espera**

La demora de espera en ausencia de perturbaciones está muy influida por la distribución de la longitud del mensaje y la carga del tráfico de señalización (véase 4.2).

#### **2.2.2 Requisitos de seguridad**

La más importante de las disposiciones de seguridad es la redundancia junto con el paso a enlace de reserva. Como la compartición de carga se aplica en funcionamiento normal, debe restringirse la carga en los canales de señalización individuales de forma que, si se pasa a enlace de reserva, las demoras de espera no rebasen un límite razonable. Estas condiciones deben cumplirse no solamente en caso de paso a un enlace de reserva predeterminado sino también en caso de distribución de la carga entre los enlaces restantes.

#### **2.2.3 Capacidad de numeración secuencial**

La utilización de 7 bits para la numeración secuencial limita, en definitiva, el número de unidades de señalización transmitidas, pero pendientes de acuse de recibo, a 127.

En la práctica, este requisito no impondrá limitación alguna a la posibilidad de carga.

#### **2.2.4 Canales de señalización que utilizan velocidades binarias inferiores**

En un canal de señalización, que utilice velocidades binarias inferiores a 64 kbit/s, un determinado valor de carga producirá demoras de espera superiores a las correspondientes al mismo valor de carga en un canal de señalización a 64 kbit/s.

### **2.3 Estructura del tráfico de señalización**

La MTP presta servicio a partes usuario diferentes como sistema común de transferencia de mensajes. Como resultado, la estructura del tráfico de señalización depende en gran medida de los tipos de partes de usuario a que se da servicio. Cabe suponer que, por lo menos en un futuro próximo, el servicio telefónico constituirá también la parte principal del tráfico de señalización en las redes integradas.

No puede todavía preverse la forma en que la integración de servicios existentes y futuros influirá en el tráfico de señalización. Se han propuesto los modelos de tráfico que figuran en 4.2.4, a fin de tener en cuenta, en la máxima medida posible, las características de diferentes servicios dentro de una red integrada. Si se imponen a la señalización requisitos nuevos o más rigurosos (por ejemplo, retardos menores), como consecuencia de futuros servicios, éstos deberán satisfacerse mediante un dimensionamiento adecuado de la carga o mejorando la estructura de la red de señalización.

### 3 Parámetros relativos a las características de transmisión

En el caso del sistema de señalización N.º 7, no se han previsto requisitos de transmisión especiales para los enlaces de señalización. Por consiguiente, el sistema N.º 7 proporciona los medios adecuados para hacer frente a las características de transmisión dadas de los enlaces ordinarios. En los puntos siguientes se indican las características reales que deben preverse (determinadas por las Comisiones de Estudio pertinentes) y sus consecuencias sobre las especificaciones de la MTP.

#### 3.1 Aplicación del sistema de señalización N.º 7 a enlaces a 64 kbit/s

La MTP se ha diseñado para funcionar satisfactoriamente con las siguientes características de transmisión:

- Valor a largo plazo de la tasa de errores en los bits en el enlace de datos para la señalización inferior a  $10^{-6}$  [1].
- Valor a plazo medio de la tasa de errores en los bits inferior a  $10^{-4}$ .
- Errores aleatorios y ráfagas de errores, incluidas las ráfagas largas, que pueden producirse en el enlace digital, por ejemplo, debido a la pérdida de alineación de trama o a deslizamientos de octetos en el enlace digital. Para el monitor de tasa de errores en las unidades de señalización, se especifica el periodo máximo de interrupción tolerable (véase 10.2/Q.703).

#### 3.2 Aplicación del sistema de señalización N.º 7 a enlaces que utilizan velocidades binarias inferiores

Este aspecto queda en estudio.

#### 3.3 Demoras de enlace de señalización en enlaces terrenales y por satélite

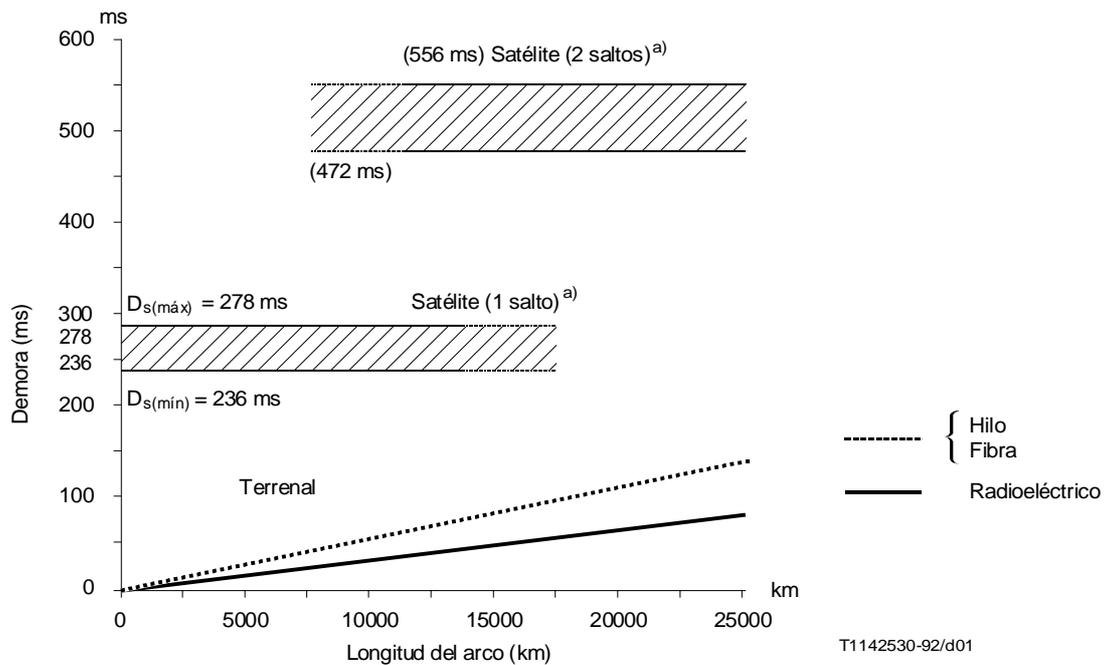
El tiempo de propagación del canal de datos ( $T_p$ ) se define en 4.3.2.4. Depende de la velocidad de transmisión, la distancia entre nodos, el espaciamiento entre repetidores y las demoras en los repetidores. La velocidad de transmisión y las demoras en los repetidores dependen del tipo de medio utilizado para transmitir los mensajes. Se consideran cuatro tipos de medio: hilo, cable de fibra óptica, sistemas radioeléctricos terrenales y sistemas por satélite (los sistemas de hilo incluyen los cables cúpricos subterráneos corrientes y los cables submarinos).

El Cuadro 1 proporciona valores de demora representativos, y la Figura 1 ilustra gráficamente esos resultados para los distintos medios de transmisión.

CUADRO 1/Q.706

#### Demoras de transmisión terrenales calculadas para diferentes distancias de llamada

Longitud del arco (km)	Demora terrenal (ms)		
	Hilo	Fibra	Radioeléctrico
500	2,4	2,50	1,7
1 000	4,8	5,00	3,3
2 000	9,6	10,0	16,6
5 000	24,0	25,0	16,5
10 000	48,0	50,0	33,0
15 000	72,0	75,0	49,5
17 737	85,1	88,7	58,5
20 000	96,0	100,0	66,0
25 000	120,0	125,0	82,5



a) La demora varía con las distancias de cada estación terrena al punto de la Tierra sobre el que está ubicado el satélite. (Véase el Anexo A.)

FIGURA 1/Q.706  
**Demoras de transmisión con facilidades por satélite y terrenales de tratamiento de mensaje**

Los valores de doble salto no tienen en cuenta las extensiones terrenales ni los repetidores que pueden necesitarse.

En el Anexo A se dan las fórmulas para calcular las demoras de transmisión, y se indican las suposiciones hechas.

Los tiempos de transferencia de mensaje aumentan debido a la mayor demora de los enlaces por satélite y a los enlaces terrenales más largos. Por consiguiente, debe prestarse atención al diseño de las redes de señalización para que puedan cumplir los criterios globales en materia de demora (véase la Recomendación Q.709).

## 4 Parámetros que influyen en la calidad de señalización

### 4.1 Red de señalización

El sistema de señalización N.º 7 se ha previsto para aplicaciones asociadas y no asociadas. La sección de referencia en tales aplicaciones, es el conjunto de rutas de señalización, con independencia de si se le da servicio en el modo de funcionamiento asociado o cuasi asociado.

El límite de indisponibilidad indicado en 1.1, debe respetarse para cada conjunto de rutas de señalización de una red de señalización con independencia del número de enlaces de señalización en cascada que entren en su composición.

Al planificar las redes de señalización del SS N.º 7 que han de cumplir los requisitos de demora de E.721, E.723 e I.352, debe tenerse en cuenta lo siguiente:

- demoras de tratamiento en los SP;
- el número de SP;
- número de STP;

- número de enlaces de señalización;
- demoras de propagación de cada enlace de señalización;
- carga del enlace de señalización;
- longitud de los mensajes.

#### 4.1.1 Red de señalización internacional

Este aspecto queda en estudio.

#### 4.1.2 Red de señalización nacional

Este aspecto queda en estudio.

### 4.2 Demoras de espera

La MTP cursa mensajes de partes de usuario diferentes mediante una compartición en el tiempo. Con la compartición en el tiempo, se producen demoras de señalización cuando sea necesario procesar más de un mensaje en un intervalo de tiempo dado. Cuando esto ocurre se forma una cola de mensajes que se transmiten según su orden de llegada.

Hay dos tipos diferentes de demoras de espera: demora de espera en ausencia de perturbaciones y demora de espera total.

#### 4.2.1 Hipótesis para la deducción de las fórmulas

Las fórmulas de las demoras de espera se deducen esencialmente de la cola  $M/G/1$  con asignación de prioridades. Las hipótesis para la obtención de las fórmulas en ausencia de perturbaciones son:

- a) la distribución del tiempo entre llegadas es exponencial ( $M$ );
- b) la distribución del tiempo de servicio es general ( $G$ );
- c) el número de órganos de servicio es uno (1);
- d) la prioridad de servicio se refiere a la prioridad de transmisión dentro del nivel 2 (véase 11.2/Q.703); sin embargo, no se tienen en cuenta la unidad de señalización del estado del enlace y la bandera independiente;
- e) el tiempo de propagación en bucle del enlace de señalización, es constante e incluye el tiempo de proceso en los terminales de señalización; y
- f) no se tiene en cuenta el caso de retransmisión forzada del método de retransmisión cíclica preventiva.

Además, para el caso de existencia de perturbaciones, se adoptan las siguientes hipótesis:

- g) el error de transmisión de una unidad de señalización de mensaje es aleatorio;
- h) los errores son estadísticamente independientes entre sí;
- i) el retardo adicional causado por la retransmisión de una unidad de señalización errónea, se considera incluido en el tiempo de espera de la unidad de señalización de que se trata, y
- j) en el caso del método de retransmisión cíclica preventiva, una vez producido el error, se aceptan las unidades de señalización retransmitidas de segunda prioridad en el extremo receptor, hasta que el número secuencial de la última nueva unidad de señalización alcance al de la última unidad de señalización retransmitida.

Por otra parte, se deduce la fórmula de la proporción de mensajes que sufren un retraso superior a un tiempo dado, suponiendo que la función de densidad de probabilidad de la distribución de la demora de espera puede disminuir exponencialmente cuando el tiempo de retardo es relativamente elevado.

#### 4.2.2 Factores y parámetros

- a) Para el cálculo de las demoras de espera, se requieren las notaciones y factores siguientes:

$Q_a$  Valor medio de la demora de espera en ausencia de perturbaciones

$\sigma_a^2$  Varianza de la demora de espera en ausencia de perturbaciones

$Q_t$  Valor medio de la demora de espera total

$\sigma_t^2$  Varianza de la demora de espera total

$P(T)$  Proporción de mensajes con un retardo superior a  $T$

$a$  Carga de tráfico producida por las unidades de señalización de mensaje (excluida la retransmisión)

$T_m$  Tiempo medio de emisión de unidades de señalización de mensaje

$T_f$  Tiempo de emisión de unidades de señalización de relleno

$T_L$  Tiempo de propagación en bucle de señalización, incluido el tiempo de proceso en el terminal de señalización

$P_u$  Probabilidad de error en las unidades de señalización de mensaje

$$k_1 = \frac{\text{2.º momento del tiempo de emisión de unidades de señalización de mensaje}}{T_m^2}$$

$$k_2 = \frac{\text{3.er momento del tiempo de emisión de unidades de señalización de mensaje}}{T_m^3}$$

$$k_3 = \frac{\text{4.º momento del tiempo de emisión de unidades de señalización de mensaje}}{T_m^4}$$

NOTA – Como consecuencia de la inserción de ceros en el nivel 2 (véase 3.2/Q.703), la longitud de la unidad de señalización emitida aumentará aproximadamente en un 1,6% por término medio. Sin embargo, este aumento tiene un efecto despreciable sobre el cálculo.

b) Los parámetros utilizados en las fórmulas son los siguientes:

$$\begin{aligned} t_f &= T_f/T_m \\ t_L &= T_L/T_m \end{aligned}$$

para el método básico,

$$\begin{aligned} E_1 &= 1 + P_u t_L \\ E_2 &= k_1 + P_u t_L (t_L + 2) \\ E_3 &= k_2 + P_u t_L (t_L^2 + 3t_L + 3k_1) \end{aligned}$$

para el método de retransmisión cíclica preventiva (PCR, *preventive cyclic retransmission*),

$a_3 = \exp(-at_L)$  carga de tráfico producida por las unidades de señalización de relleno

$$a_z = 1 - a - a_3$$

$$H_1 = at_L$$

$$H_2 = at_L(k_1 + at_L)$$

$$H_3 = at_L(k_2 + 3at_L k_1 + a^2 t_L^2)$$

$$F_1 = at_L/2$$

$$F_2 = at_L(k_1/2 + at_L/3)$$

$$F_3 = at_L(k_2/2 + at_L k_1 + a^2 t_L^2/4)$$

$$q_a = \frac{k_1(a + a_z) + a_3 t_f}{2(1 - a)}$$

$$s_a = \frac{ak_1}{1 - a} q_a + \frac{k_2(a + a_z) + a_3 t_f^2}{3(1 - a)}$$

$$t_a = \frac{3ak_1 s_a + 2ak_2 q_a}{2(1 - a)} + \frac{(a + a_z)k_3 + a_3 t_f^3}{4(1 - a)}$$

$$Z_1 = 2 + P_u(1 + H_1)$$

$$Z_2 = 4K_1 + P_u(5k_1 + 3H_1 + H_2)$$

$$Z_3 = 8k_2 + P_u(19k_2 + 27k_1 H_1 + 9H_2 + H_3)$$

$$Y_2 = s_a + 4k_1 + F_2 + 2\{q_a(2 + F_1) + 2F_1\}$$

$$Y_3 = t_a + 8k_2 + F_3 + 3\{s_a(2 + F_1) + q_a(4k_1 + F_2) + 2F + 2 + 4k_1 F_1\} + 12q_a F_1$$

$$\alpha = \frac{1 - a\{2 + P_u(1 + at_L)\}}{2 + q_a + at_L/2}$$

$$q_d = \frac{aZ_2 + \alpha Y_2}{2(1 - aZ_1)}$$

$$s_d = \frac{aZ_2}{1 - aZ_1} q_d + \frac{aZ_3 + \alpha Y_3}{3(1 - aZ_1)}$$

$$q_b = \frac{q_a + 1 + F_1}{1 - a}$$

$$s_b = \frac{s_a + k_1 + F_2}{(1 - a)^3} + \frac{2\{q_a(1 + F_1) + F_1\}}{(1 - a)^2}$$

$$q_c = \frac{q_d + 1 + P_u(1 + H_1)}{1 - a}$$

$$s_c = \frac{s_d + k_1 + P_u(3k_1 + H_2)}{(1 - a)^3} + 2 \frac{q_d + P_u\{q_d(1 + H_1) + 2H_1\}}{(1 - a)^2}$$

$$P_v = P_u a \frac{q_a + 2 + at_L/2}{1 - 2a} \left( 1 + P_u \frac{a + a^2 t_L}{1 - 2a} \right)$$

### 4.2.3 Fórmulas

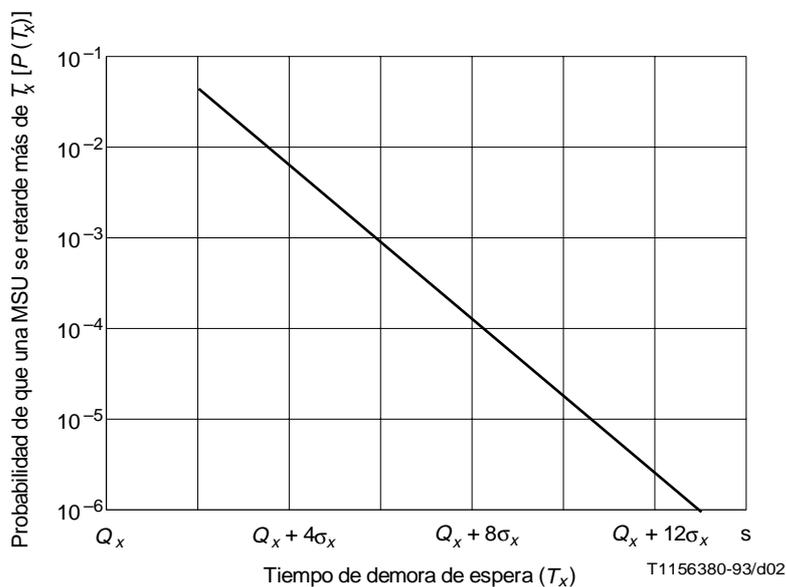
La descripción de las fórmulas de la media y la varianza de las demoras de espera, figura en el Cuadro 2. La proporción de mensajes con una demora superior a un tiempo dado  $T_x$  es:

$$P(T_x) \cong \exp\left(-\frac{T_x - Q_x + \sigma_x}{\sigma_x}\right)$$

donde  $Q_x$  y  $\sigma_x$  indican la media y la desviación típica de la demora de espera, respectivamente. Esta aproximación es más ajustada en ausencia de perturbaciones. En presencia de perturbaciones la distribución real puede apartarse más. La relación entre  $P(T_x)$  y  $T_x$  aparece en la Figura 2.

Fórmulas de demoras de espera

Método de corrección de errores	Perturbación	Media $Q$	Varianza $\sigma^2$
Básico	Ausente	$\frac{Q_a}{T_m} = \frac{t_f}{2} + \frac{ak_1}{2(1-a)}$	$\frac{\sigma_a^2}{T_m^2} = \frac{t_f^2}{12} + \frac{a[4k_2 - (4k_2 - 3k_1^2)a]}{12(1-a)^2}$
	Presente	$\frac{Q_t}{T_m} = \frac{t_f}{2} + \frac{aE_2}{2(1-aE_1)} + E_1 - 1$	$\frac{\sigma_t^2}{T_m^2} = \frac{t_f^2}{12} + \frac{a[4E_3 - (4E_1 E_3 - 3E_2^2)a]}{12(1-aE_1)^2} + Pu(1-P_u)t_L^2$
Retransmisión cíclica preventiva	Ausente	$\frac{Q_a}{T_m} = q_a$	$\frac{\sigma_a^2}{T_m^2} = s_a q_a^2$
	Presente	$\frac{Q_t}{T_m} = (1 - P_u - P_v) q_a + P_u q_b + P_v q_c$	$\frac{\sigma_t^2}{T_m^2} = (1 - P_u - P_v) s_a + P_u s_b + P_v s_c - \frac{Qs(2,t)}{T_m^2}$



$Q_x$  Valor medio de la demora de espera (véase la Figura 3)  
 $\sigma_x$  Desviación típica (véase la Figura 4)

FIGURA 2/Q.706

Probabilidad de que una unidad de señalización de mensaje se retarde más de ( $T_x$ )

#### 4.2.4 Ejemplos

Suponiendo los modelos de tráfico indicados en el Cuadro 3, se han calculado los ejemplos de demoras de espera ilustrados en el Cuadro 4.

Los valores incluidos en las figuras correspondientes se calcularon utilizando una tasa de errores de la MSU de  $10^{-3}$ , lo cual se aproxima a una probabilidad de bits erróneos de  $10^{-5}$ . En muchos casos, la probabilidad de error de los enlaces de datos de señalización (terrenales y por satélite) es mejor que  $10^{-7}$ , tasa a la cual los efectos de las demoras de espera son mínimos.

NOTA – Los valores del Cuadro 3 se obtuvieron sobre la base de mensajes de la TUP. Al aumentar la longitud efectiva de los mensajes o, usando PU-RDSI y TC, es de esperar que estos valores aumenten en el curso de estudios ulteriores.

CUADRO 3/Q.706

#### Modelo de tráfico

Modelo	A	B	
Longitud del mensaje (bits)	120	104	304
Porcentaje	100	92	8
Longitud media del mensaje (bits)	120	120	
$k_1$	1,0	1,2	
$k_2$	1,0	1,9	
$k_3$	1,0	3,8	

CUADRO 4/Q.706

#### Lista de ejemplos

Figura	Control de errores	Demora de espera	Perturbación	Modelo
3	Básico/PCR	Media	Ausente	A y B
4	Básico/PCR	Desviación típica	Ausente	A y B
5	Básico	Media	Presente	A
6	Básico	Desviación típica	Presente	A
7	PCR	Media	Presente	A
8	PCR	Desviación típica	Presente	A

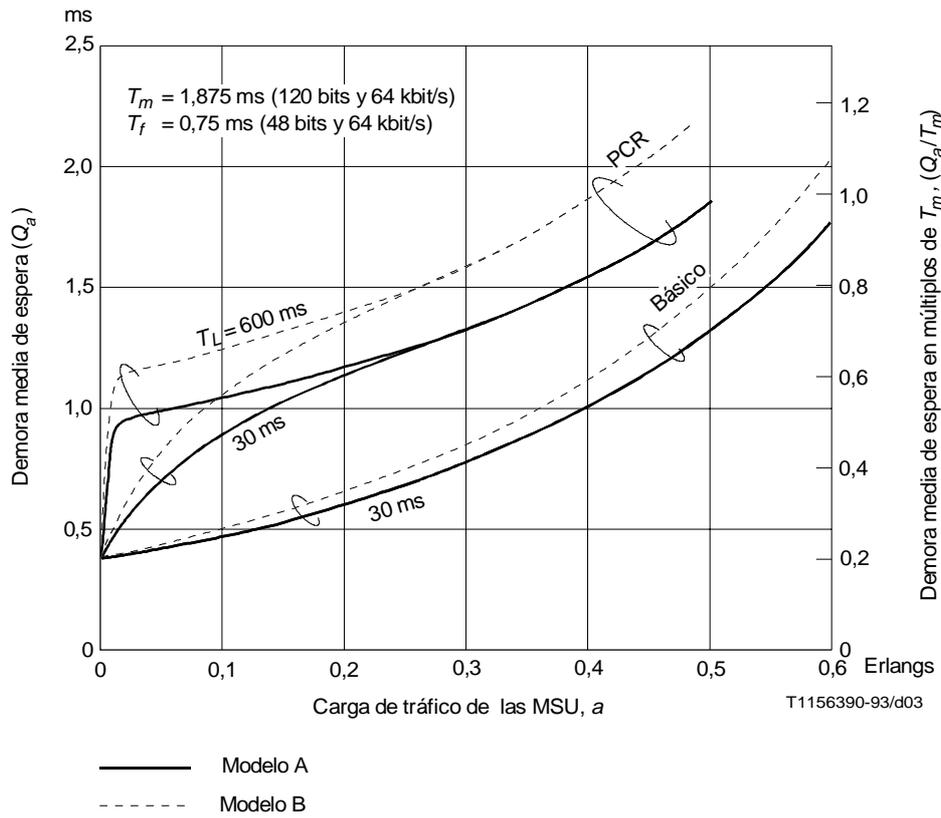


FIGURA 3/Q.706

Demora media de espera de cada canal de tráfico en ausencia de perturbaciones

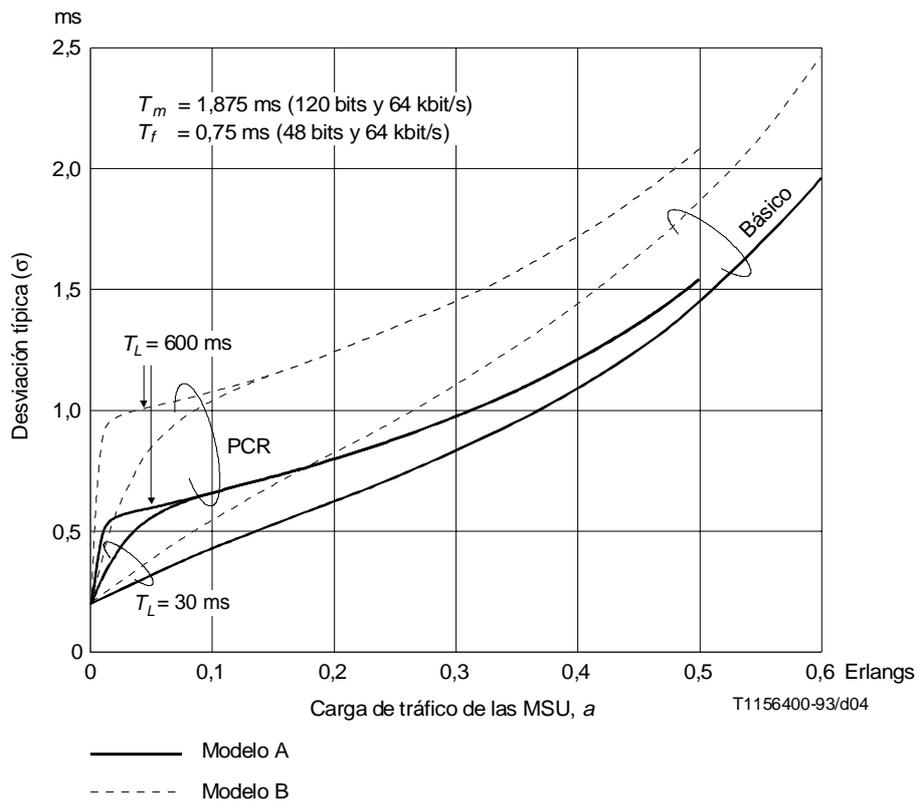


FIGURA 4/Q.706

Desviación típica de la demora de espera de cada canal de tráfico en ausencia de perturbaciones

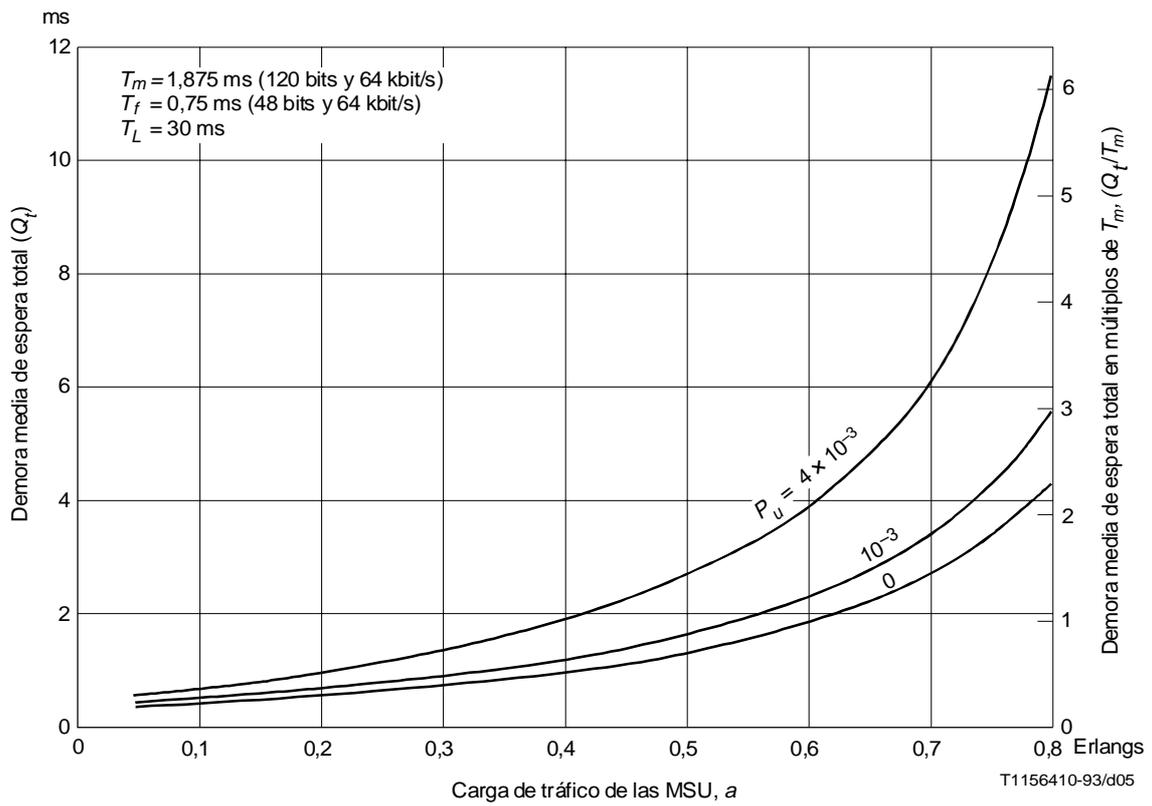


FIGURA 5/Q.706

Demora media de espera total de cada canal de tráfico –  
 Método básico de corrección de errores

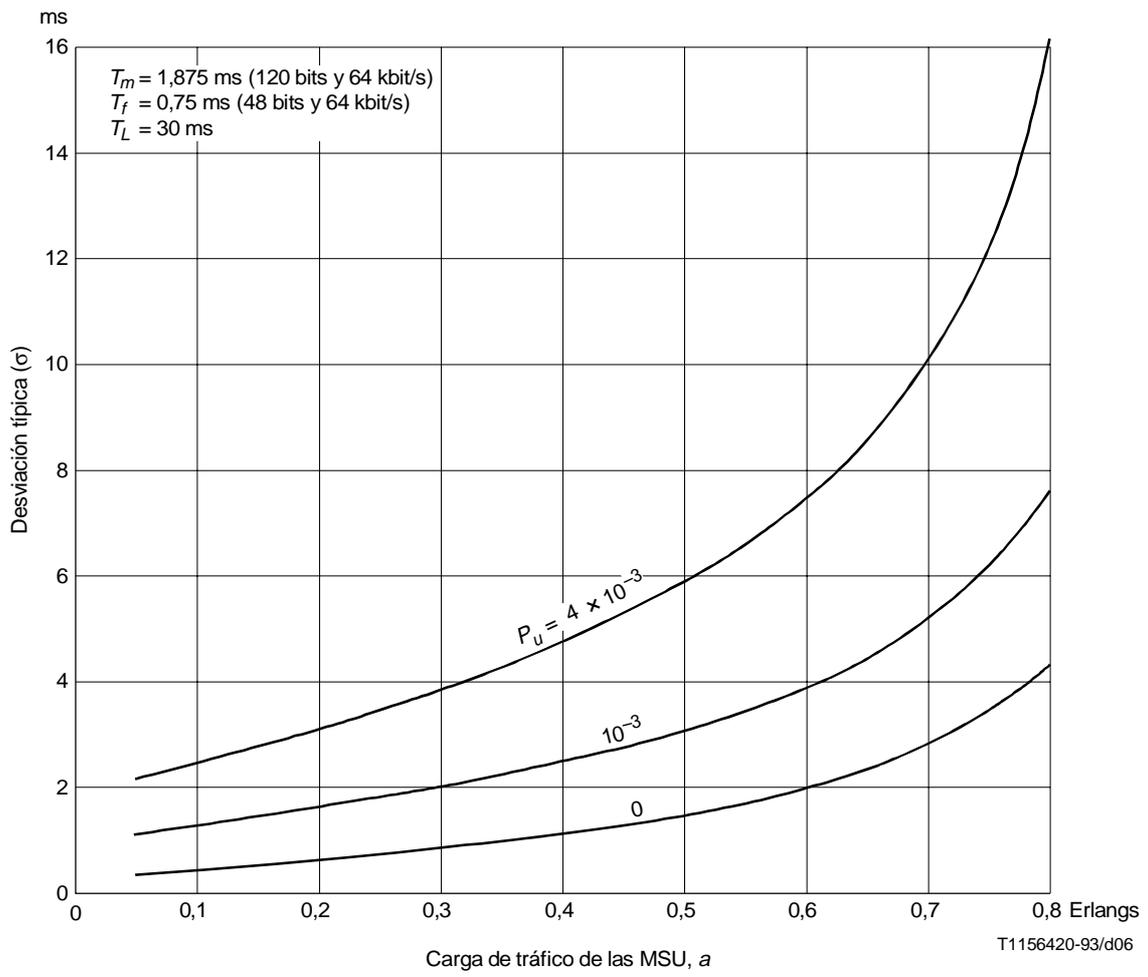


FIGURA 6/Q.706  
**Desviación típica de la demora de espera de cada canal de tráfico –  
Método básico de corrección de errores**

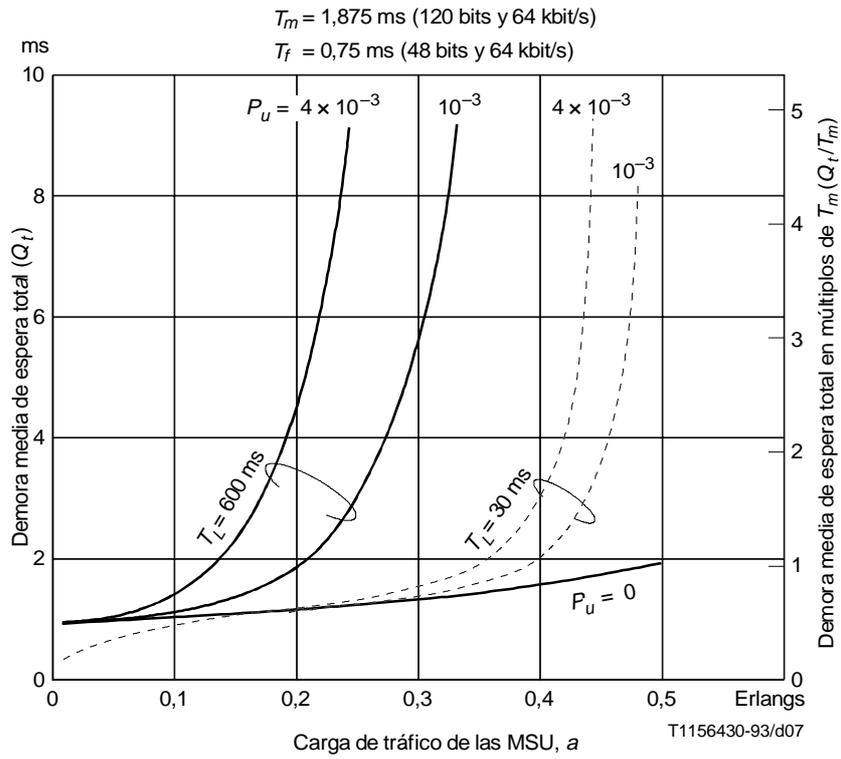


FIGURA 7/Q.706

**Demora media de espera total de cada canal de tráfico –  
Método de corrección de errores por retransmisión cíclica preventiva**

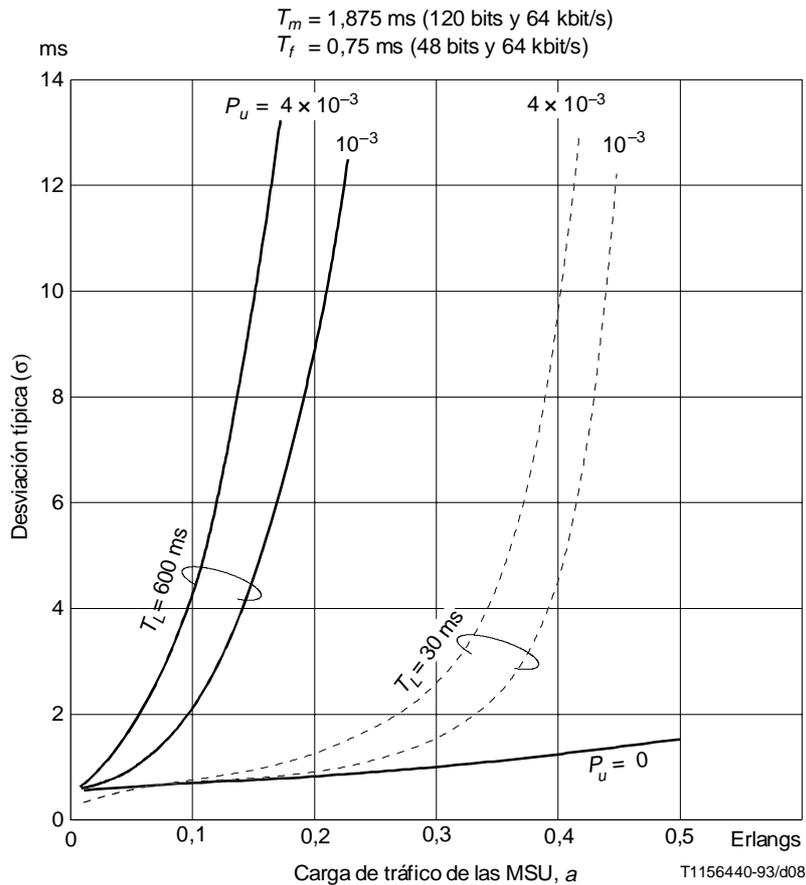


FIGURA 8/Q.706

**Desviación típica de la demora de espera de cada canal de tráfico – Método de corrección de errores por retransmisión cíclica preventiva**

### 4.3 Tiempos de transferencia de los mensajes

En una relación de señalización, la MTP transporta mensajes procedentes de la parte de usuario de origen hasta la parte usuario de destino, utilizando varios trayectos de señalización. El tiempo de transferencia de mensaje global necesario depende de las componentes a) a d) (enumeradas a continuación) del tiempo de transferencia de los mensajes que intervienen en cada trayecto de señalización.

#### 4.3.1 Componentes del tiempo de transferencia de los mensajes y puntos de referencia funcionales

Un trayecto de señalización puede comprender las siguientes componentes funcionales de la red de señalización y componentes de tiempo de transferencia:

- a) Función de emisión de la MTP en el punto de origen que incluye la demora de espera (véase la Figura 9).
- b) Función del punto de transferencia de señalización que incluye la demora de espera (véase la Figura 10).
- c) Función de recepción de la MTP en el punto de destino (véase la Figura 11).
- d) Tiempo de propagación del enlace de datos de señalización (véase la Figura 12).

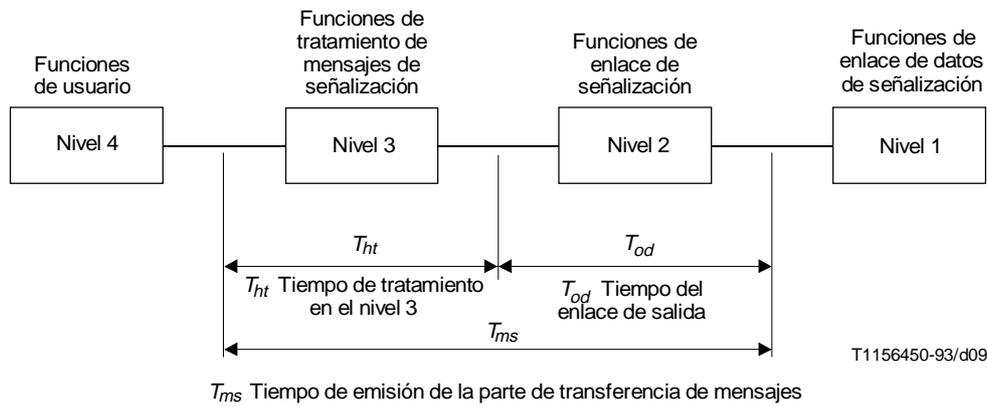


FIGURA 9/Q.706

Diagrama funcional del tiempo de emisión de la parte de transferencia de mensajes

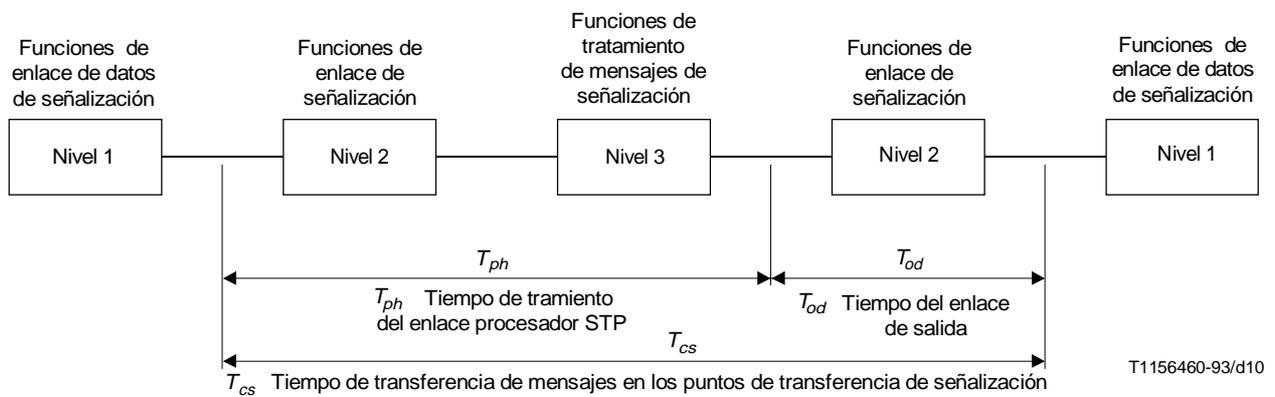


FIGURA 10/Q.706

Diagrama funcional del tiempo de transferencia de mensajes en los puntos de transferencia de señalización

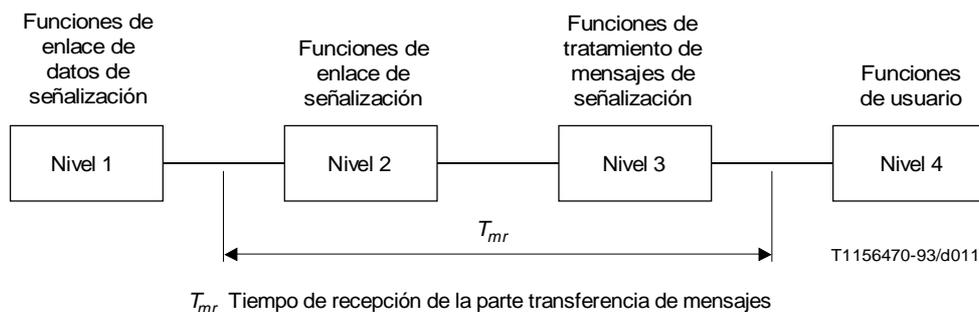


FIGURA 11/Q.706  
**Diagrama funcional del tiempo de recepción de la parte transferencia de mensajes ( $T_{mr}$ )**

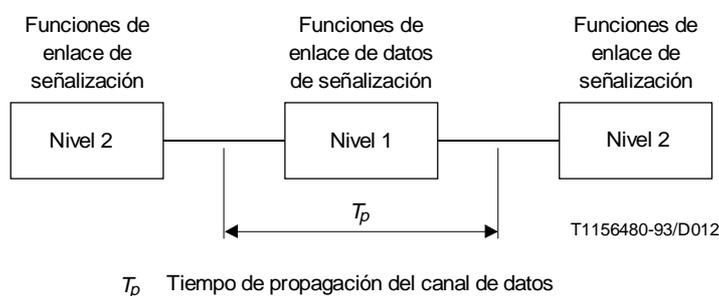


FIGURA 12/Q.706  
**Diagrama funcional del tiempo de propagación ( $T_p$ )**

### 4.3.2 Definiciones

A los aspectos de esta Recomendación, se aplican las definiciones siguientes:

**4.3.2.1 tiempo de emisión de la MTP ( $T_{ms}$ ):**  $T_{ms}$  es el periodo que comienza cuando el último bit del mensaje ha salido de la parte usuario y termina cuando el último bit de la unidad de señalización entra por primera vez en el enlace de datos de señalización. Incluye la demora de espera en ausencia de perturbaciones, el tiempo de transferencia del nivel 4 al nivel 3, el tiempo de tratamiento en el nivel 3, el tiempo de transferencia del nivel 3 al nivel 2, y el tiempo de tratamiento en el nivel 2.

**4.3.2.2 tiempo de transferencia de mensajes en los puntos de transferencia de señalización  $T_{cs}$ :**  $T_{cs}$  es el periodo que comienza cuando el último bit de la unidad de señalización sale del enlace de datos de señalización de llegada y termina cuando el último bit de la unidad de señalización entra por primera vez en el enlace de datos de señalización de salida. Comprende también la demora de espera en ausencia de perturbaciones, pero no la demora de espera adicional causada por la retransmisión.

**4.3.2.3 tiempo de recepción de la MTP ( $T_{mr}$ ):**  $T_{mr}$  es el periodo que comienza cuando el último bit de la unidad de señalización sale del enlace de datos de señalización y termina cuando el último bit del mensaje ha entrado en la parte de usuario. Comprende el tiempo de tratamiento en el nivel 2, el tiempo de transferencia del nivel 2 al nivel 3, el tiempo de tratamiento en el nivel 3 y el tiempo de transferencia del nivel 3 al nivel 4.

**4.3.2.4 tiempo de propagación del canal de datos ( $T_p$ ):**  $T_p$  es el periodo que comienza cuando el último bit de la unidad de señalización ha entrado en el canal de datos del extremo emisor y termina cuando el último bit de la unidad de señalización sale del canal de datos del extremo receptor, con independencia de que la unidad de señalización esté o no sometida a perturbación.

**4.3.2.5 demora del enlace de salida  $T_{od}$ :**  $T_{od}$  es el periodo que comienza cuando el último bit de la unidad de señalización de mensajes entra en la memoria intermedia de transmisión de nivel 2 y termina cuando el último bit de la unidad de señalización de mensajes entra en el enlace de datos de señalización de salida. Incluye la demora de espera en el nivel 2 en ausencia de perturbaciones y el tiempo de emisión. El tiempo de emisión comienza cuando el primer bit de la unidad de señalización de mensajes entra en el enlace de datos de señalización de salida y termina cuando el último bit de la unidad de señalización de mensajes entra en el enlace de datos de señalización de salida.

**4.3.2.6 tiempo de tratamiento en el nivel 3  $T_{ht}$ :**  $T_{ht}$  es el periodo que comienza cuando el último bit de la unidad de señalización de mensajes ha dejado la Parte Usuario y termina cuando el último bit de la unidad de señalización de mensajes entra en la memoria intermedia de transmisión del nivel 2. Comprende el tiempo de transferencia del nivel 4 al nivel 3, el tiempo de tratamiento en el nivel 3 y el tiempo de transferencia del nivel 3 al nivel 2. No incluye la demora del enlace de salida.

**4.3.2.7 tiempo de tratamiento del enlace del procesador STP  $T_{ph}$ :**  $T_{ph}$  es el periodo que comienza cuando el último bit de la unidad de señalización de mensajes sale del enlace de datos de señalización de entrada y termina cuando el último bit de la unidad de señalización de mensaje entra en la memoria intermedia de transmisión de nivel 2 asociada al enlace de datos de señalización de salida. No incluye la demora del enlace de salida.

**4.3.3 tiempo global de transferencia de mensajes:** El tiempo global de transferencia de mensaje  $T_o$  se refiere a una relación de señalización.  $T_o$  comienza cuando el mensaje ha salido de la parte usuario (nivel 4) en el punto de origen y termina cuando el mensaje ha entrado en la parte usuario (nivel 4) en el punto de destino.

La definición del tiempo global de transferencia de mensajes y las definiciones de los distintos componentes del tiempo de transferencia de mensajes, están relacionadas como sigue:

- a) En ausencia de perturbaciones

$$T_{oa} = T_{ms} + \sum_{i=1}^{n+1} T_{pi} + \sum_{i=1}^n T_{csi} + T_{mr}$$

- b) En presencia de perturbaciones

$$T_o = T_{oa} + \Sigma(Q_t - Q_a)$$

donde,

$T_{oa}$  Es el tiempo global de transferencia de mensajes en ausencia de perturbaciones

$T_{ms}$  Es el tiempo de emisión de la parte transferencia de mensajes

$T_{mr}$  Es el tiempo de recepción de la parte transferencia de mensajes

$T_{cs}$  Es el tiempo de transferencia de mensajes en los puntos de transferencia de señalización

$n$  Es el número de STP que intervienen

$T_p$  Es el tiempo de propagación del canal de datos

$T_o$  Es el tiempo global de transferencia de mensajes en presencia de perturbaciones

$Q_t$  Es la demora de espera total (véase 4.2)

$Q_a$  Es la demora de espera en ausencia de perturbaciones (véase 4.2)

NOTA – Para  $\Sigma(Q_t - Q_a)$ , deben tenerse en cuenta todos los puntos de señalización de la relación de señalización.

## 4.4 Protección contra los errores

Durante la transmisión, las unidades de señalización pueden estar sometidas a perturbaciones que podrían provocar errores en la información de señalización. La protección contra los errores reduce los efectos de estas perturbaciones a un valor aceptable.

La protección contra los errores se basa en la detección de errores por codificación redundante y en la corrección por retransmisión. La codificación redundante se efectúa generando para cada unidad de señalización 16 bits de control basados en el polinomio descrito en 4.2/Q.703. Por otra parte, la protección contra los errores no debe introducir pérdida, duplicación o errores en la secuenciación de mensajes en un enlace de señalización.

Sin embargo, pueden producirse situaciones anormales en una relación de señalización causadas por averías, como consecuencia de las cuales la protección contra los errores para el enlace de señalización de que se trate no pueda garantizar la secuencia correcta de los mensajes.

## **4.5 Disposiciones de seguridad**

Las disposiciones de seguridad tienen una influencia decisiva en el cumplimiento de los requisitos de disponibilidad enumerados en 1.1 para una relación de señalización.

En el caso del SS N.º 7, las disposiciones de seguridad consisten principalmente en una utilización combinada de la redundancia y del paso a enlace de reserva.

### **4.5.1 Tipos de disposiciones de seguridad**

Por regla general, debe distinguirse entre las disposiciones de seguridad para las componentes individuales de la red de señalización y las disposiciones de seguridad para la relación de señalización. Si bien dentro de una red de señalización se puede utilizar cualquier disposición de seguridad, es preciso garantizar que se cumplen los requisitos de disponibilidad.

#### **4.5.1.1 Disposiciones de seguridad para las componentes de la red de señalización**

Cuando están interconectadas las componentes de la red, que forman un trayecto de señalización, se han previsto disposiciones de seguridad de construcción que existen desde el principio (por ejemplo, repetición de los controles en las centrales y puntos de transferencia de señalización) o pueden ser objeto de repetición cuando es necesario (por ejemplo, enlaces de datos de señalización). Sin embargo, por motivos de seguridad, la repetición de enlaces de datos de señalización se efectúa solamente si los enlaces repetidos son independientes entre sí (por ejemplo, encaminamiento multitrayecto). En los cálculos de disponibilidad para un conjunto de trayectos de señalización, se tomarán las medidas especiales necesarias para que los distintos enlaces de señalización sean independientes entre sí.

#### **4.5.1.2 Disposiciones de seguridad para relaciones de señalización**

En las redes de señalización cuasiasociadas, donde varios enlaces de señalización en cascada dan servicio a una relación de señalización, las disposiciones de seguridad para las componentes de la red no aseguran, en principio, una disponibilidad suficiente de la relación de señalización. Por consiguiente, deben adaptarse disposiciones de seguridad adecuadas para las relaciones de señalización previendo la redundancia de los conjuntos de trayectos de señalización, que probablemente deberán ser independientes entre sí.

### **4.5.2 Requisitos de seguridad**

Debe preverse una red de señalización con redundancia y capacidad suficiente, de forma que la calidad de la red de señalización sea satisfactoria.

### **4.5.3 Tiempo para iniciar el paso a enlace de reserva**

Si se produce el fallo de diferentes enlaces de datos de señalización, debido a tasas de errores demasiado altas, el monitor de errores en las unidades de señalización inicia el paso a enlace de reserva (véase 8/Q.703). Con el monitor de errores en las unidades de señalización, el tiempo entre la aparición del fallo y la iniciación del paso a enlace de reserva es función de la tasa de errores en el mensaje (una interrupción completa dará como resultado una tasa de error igual a 1).

El paso a enlace de reserva aumenta considerablemente las demoras de espera. Para que estas últimas sean lo más cortas posible, se reduce al mínimo el tráfico de señalización afectado por una interrupción, recurriendo a la compartición de carga en todos los enlaces de señalización existentes.

### **4.5.4 Tiempos para la caracterización del paso al enlace de reserva**

Existen dos tiempos que caracterizan el paso a enlace de reserva. Ambos tiempos son valores máximos (no valores normales). Se definen como el punto en el cual el 95% de los sucesos ocurren en el tiempo característico recomendado, con una carga de tráfico del punto de señalización que es 30% superior al normal.

Los tiempos característicos se miden a la salida del punto de señalización.

#### **4.5.4.1 Tiempo de respuesta a las averías**

Este tiempo describe el tiempo que necesita un punto de señalización para reconocer que se necesita el paso al enlace de reserva en un enlace de señalización. Comienza cuando el enlace de señalización no está disponible, y termina cuando el punto de señalización envía una orden de paso a enlace de reserva (o paso de emergencia a enlace de reserva) al punto de señalización distante. Un enlace está indisponible cuando se envía o recibe sobre el enlace una indicación de estado de fuera de servicio (SIOS, *status indication out of service*) o de interrupción del procesador (SIPD, *processor outage*).

Tiempo de respuesta a la avería (máximo permisible): 500 ms.

#### **4.5.4.2 Tiempo de respuesta a la orden de paso a enlace de reserva**

Este tiempo describe el tiempo que necesita un punto de señalización para responder a una orden de paso a enlace de reserva (o paso de emergencia a enlace de reserva). Este tiempo comienza cuando el punto de señalización recibe un mensaje de orden de paso a enlace de reserva (o paso de emergencia a enlace de reserva), y termina cuando el punto de señalización envía un mensaje de reconocimiento de paso a enlace de reserva (o paso de emergencia a enlace de reserva).

Tiempo de respuesta a la orden de paso a enlace de reserva (máximo permisible): 300 ms.

### **4.6 Averías**

#### **4.6.1 Averías en enlaces**

Durante la transmisión, los mensajes están expuestos a perturbaciones. La calidad de un enlace de datos de señalización se mide por la tasa de errores en las unidades de señalización.

La supervisión de errores en las unidades de señalización, inicia el paso a enlace de reserva cuando se alcanza una tasa de errores en las unidades de señalización de  $4 \times 10^{-3}$  aproximadamente.

La tasa de errores que el SS N.º 7 tiene que tolerar constituye un parámetro que tiene una influencia decisiva en su eficacia.

Como consecuencia de la corrección de errores por retransmisión, una tasa de errores elevada provoca retransmisiones frecuentes de las unidades de señalización de mensaje y, por consiguiente, demoras de espera largas.

#### **4.6.2 Averías en puntos de señalización**

Este aspecto queda en estudio.

### **4.7 Prioridades**

No se han previsto prioridades que dependan del significado de las distintas señales. Esencialmente, se aplica el principio «primero en llegar – primero en salir».

Si bien el indicador de servicio ofrece la posibilidad de establecer diferentes prioridades en función del usuario, no se han previsto todavía tales prioridades de usuario.

Las prioridades de transmisión se determinan por las funciones de la MTP. Dependen exclusivamente del estado en que se encuentra la MTP y son completamente independientes del significado de las señales (véase 11/Q.703).

## **5 Estimación de los tiempos de transferencia de mensajes**

Las estimaciones deben tener en cuenta

- la longitud de la unidad de señalización;
- la carga de tráfico de señalización;
- la velocidad binaria de señalización;
- la demora del bucle de señalización (terrenal o por satélite);
- el método de corrección de errores utilizado;
- la tasa de errores en los bits.

Las estimaciones se presentan en forma de

- valores medios;
- valores para el nivel del 95%.

Los valores se refieren a la velocidad binaria de 64 kbit/s. La carga de tráfico de señalización normal es la carga para la que se ha dimensionado el punto de transferencia de señalización. Se supone un valor medio de 0,2 erlang por enlace de señalización.

### 5.1 Estimación de $T_{cs}$

En el Cuadro 5 figuran las estimaciones de  $T_{cs}$  para un punto de transferencia de señalización.

CUADRO 5/Q.706

#### Tiempo de transferencia de mensajes en un SPT ( $T_{cs}$ )

Carga de tráfico de señalización en un STP	$(T_{cs})$ en ms	
	Medio	95%
Normal	20	40
+ 15%	40	80
+ 30%	100	200
NOTA – Los valores del cuadro se obtuvieron sobre la base de mensajes de la TUP.		

La distribución de la longitud de los mensajes figura en el Cuadro 3.

Para las partes de usuario definidas después de la TUP, son típicas longitudes de mensaje mayores. Para estas mayores longitudes de mensaje, los valores medios de  $T_{cs}$  no se dan como un todo, pero pueden calcularse añadiendo los valores medios de  $T_{od}$  y  $T_{ph}$

### 5.2 Cálculos para $T_{od}$

La demora del enlace de salida  $T_{od}$  se calcula con los parámetros siguientes:

- demora de bucle (terrenal o de satélite);
- método de corrección (BEC o PCR);
- perturbaciones (errores en los mensajes);
- carga del enlace (0,2 ó 0,4 erlang);
- longitud del mensaje (15 ... 279 bytes).

#### 5.2.1 Suposiciones

##### 5.2.1.1 Perturbaciones

Por definición, la demora del enlace de salida  $T_{od}$  no incluye retransmisiones debidas a perturbaciones. Sin embargo, los métodos de corrección BEC y PRC tienen efectos diferentes cuando hay perturbaciones.

Se consideran dos tasas de perturbaciones:

- probabilidad de bits erróneos de  $10^{-5}$  (que se refiere a la suposición de una tasa de errores en los mensajes de  $10^{-3}$  utilizada en las Figuras 5 a 8 para longitudes de mensaje de 120 bits); y
- probabilidad de bits erróneos de  $10^{-7}$ .

La primera tasa ( $10^{-5}$ ) sirve para la comparación con los gráficos anteriores (Figuras 5-8) del 4.2.4. La segunda tasa ( $10^{-7}$ ) es más representativa de los enlaces de datos de señalización diseñados conforme a la Recomendación G.821 y a sus reglas de distribución asociadas.

### 5.2.1.2 Tiempo de emisión

Se supone que la velocidad binaria de canal es 64 kbit/s. Por consiguiente, el tiempo de emisión es  $T_m = n \times 0,125$  ms, donde  $n$  es el número de bytes en una MSU.

### 5.2.1.3 Demora de bucle

Se supone que el tiempo de propagación de bucle de señalización, incluido el tiempo de tratamiento en el terminal de señalización,  $T_L$ , es:

- 30 ms para los enlaces terrenales;
- 600 ms para los enlaces por satélite.

### 5.2.1.4 Carga del enlace

Se supone que la carga de tráfico es 0,2 erlang para la carga normal y 0,4 erlang para la carga después del paso a enlace de reserva de un enlace paralelo.

### 5.2.1.5 Demora de espera

Las fórmulas de demora de espera del Cuadro 2 se utilizan para la corrección de errores BEC y PCR en presencia y en ausencia de perturbaciones. Estas fórmulas se derivan básicamente de la cola  $M/G/1$  con asignación de prioridad (véase 4.2.1).

La longitud de las MSU va de 9 a 279 bytes. Se han utilizado longitudes de mensaje medias representativas de 15, 23 y 50 bytes, que siguen una distribución exponencial negativa. Esto simplifica el sistema de cola:  $M/M/1$ . Cuando se utiliza una longitud de mensaje media de 279 bytes, está implicada una longitud constante que simplifica el sistema de cola:  $M/D/1$  (distribución de tiempo de servicio determinista).

Para una longitud de MSU media de 140 bytes, los valores de tiempo de demora están entre los del sistema de cola  $M/M/1$  (peor caso) y los del sistema de cola  $M/D/1$  (mejor caso). El tiempo de demora se determina añadiendo  $2/3$  de los resultados  $M/M/1$  y  $1/3$  de los resultados  $M/D/1$  para las MSU de longitud media de 140 bytes.

Para los cálculos de los momentos  $k_1, \dots, k_3$ , véase el Anexo B.1.

### 5.2.1.6 Valores del 95%

Los valores del 95% de los tiempos de demora de espera se calcularon aproximadamente mediante la fórmula que figura en 4.2.3. Para los detalles, véase el Anexo B.2.

### 5.2.1.7 Demora del enlace de salida $T_{od}$

La demora del enlace de salida  $T_{od}$  es la suma de la demora de espera y del tiempo de emisión para los valores medios y del 95%.

## 5.2.2 Resultados para $T_{od}$ con tasa de errores de $10^{-5}$

Los Cuadros 6 y 7 indican los valores para la demora del enlace de salida  $T_{od}$ . Las Figuras 13 a 16 muestran estos datos gráficamente.

NOTA –  $P_b = 0/1$  e-5 significa que las líneas correspondientes a  $P_b = 0$  y  $P_b = 1.e-5$  son casi idénticas. e-5 significa  $10^{-5}$ .

CUADRO 6/Q.706

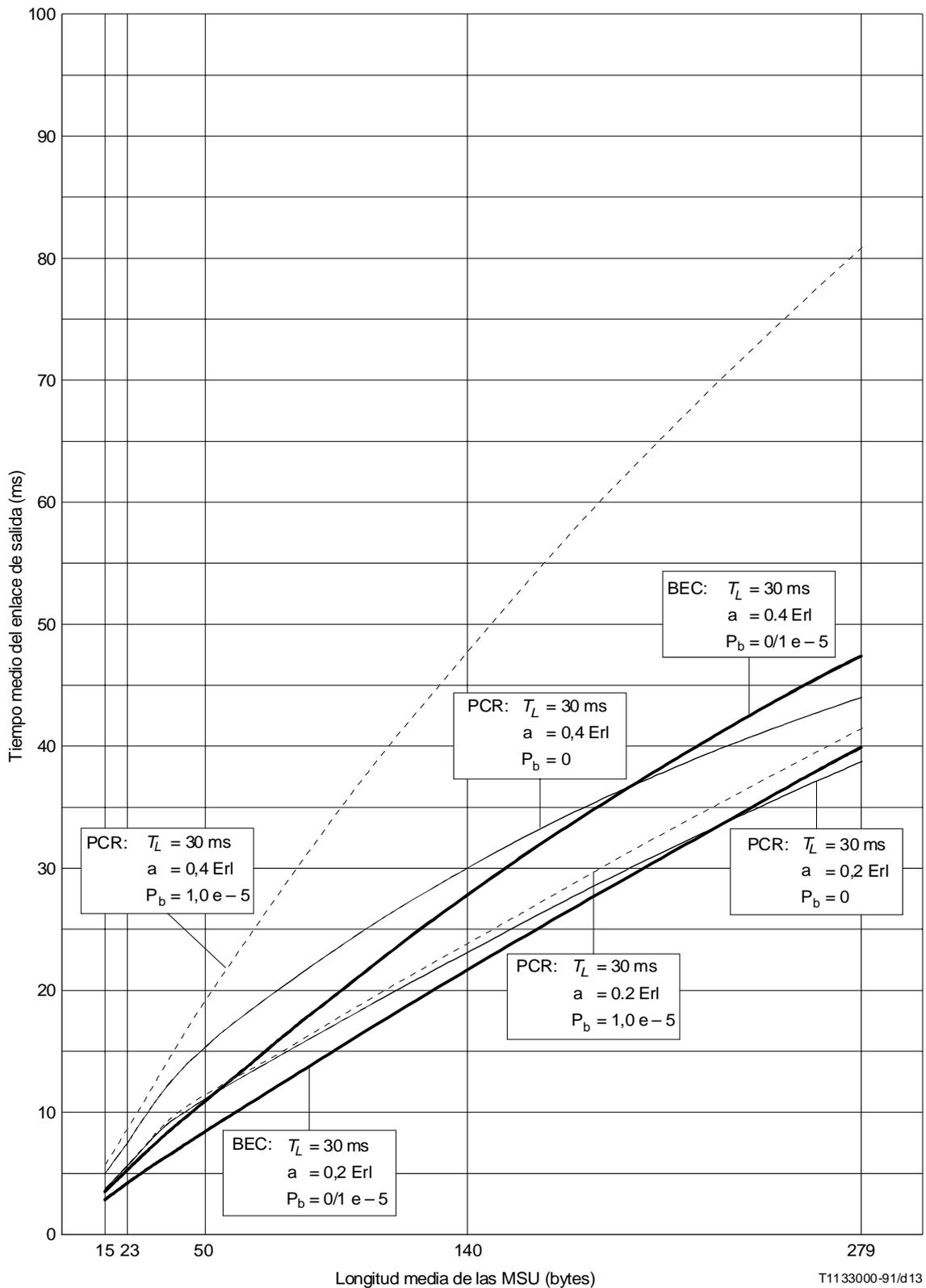
Demora del enlace de salida  $T_{od}$  con el método básico de corrección de errores

a [Erl]	$T_L$ [ms]	Perturbación	Valor	Tiempo del enlace de salida (ms)				
				MSU – Longitud (bytes)				
				15	23	50	140	279
0,2	30	No	Media	2,7	4,0	8,3	21,5	39,6
			95%	9,3	14,0	30,1	66,0	61,5
		Sí	Media	2,8	4,1	8,4	21,9	40,4
			95%	10,8	15,4	31,4	68,0	64,8
	600	No	Media	2,7	4,0	8,3	21,5	39,6
			95%	9,3	14,0	30,1	66,0	61,5
		Sí	Media	29,6	31,2	36,9	55,0	80,3
			95%	248,4	254,2	275,0	329,4	363,8
0,4	30	No	Media	3,5	5,2	10,8	27,6	46,9
			95%	12,2	18,6	40,0	88,7	87,1
		Sí	Media	3,8	5,4	11,2	28,3	48,1
			95%	14,3	20,4	41,7	91,4	91,3
	600	No	Media	3,5	5,2	10,8	27,6	46,9
			95%	12,2	18,6	40,0	88,7	87,1
		Sí	Media	86,3	88,5	96,9	121,9	152,0
			95%	490,1	496,4	521,2	586,6	626,9
<p>a Carga de tráfico de las MSU (excluida la retransmisión)</p> <p><math>T_L</math> Tiempo de propagación en el bucle del enlace de señalización incluido el tiempo de tratamiento en el terminal de señalización probabilidad media de errores en los bits <math>&lt; 10^{-5}</math> en presencia de perturbación.</p>								

CUADRO 7/Q.706

**Demora del enlace de salida  $T_{od}$  con el método de retransmisión cíclica preventiva**

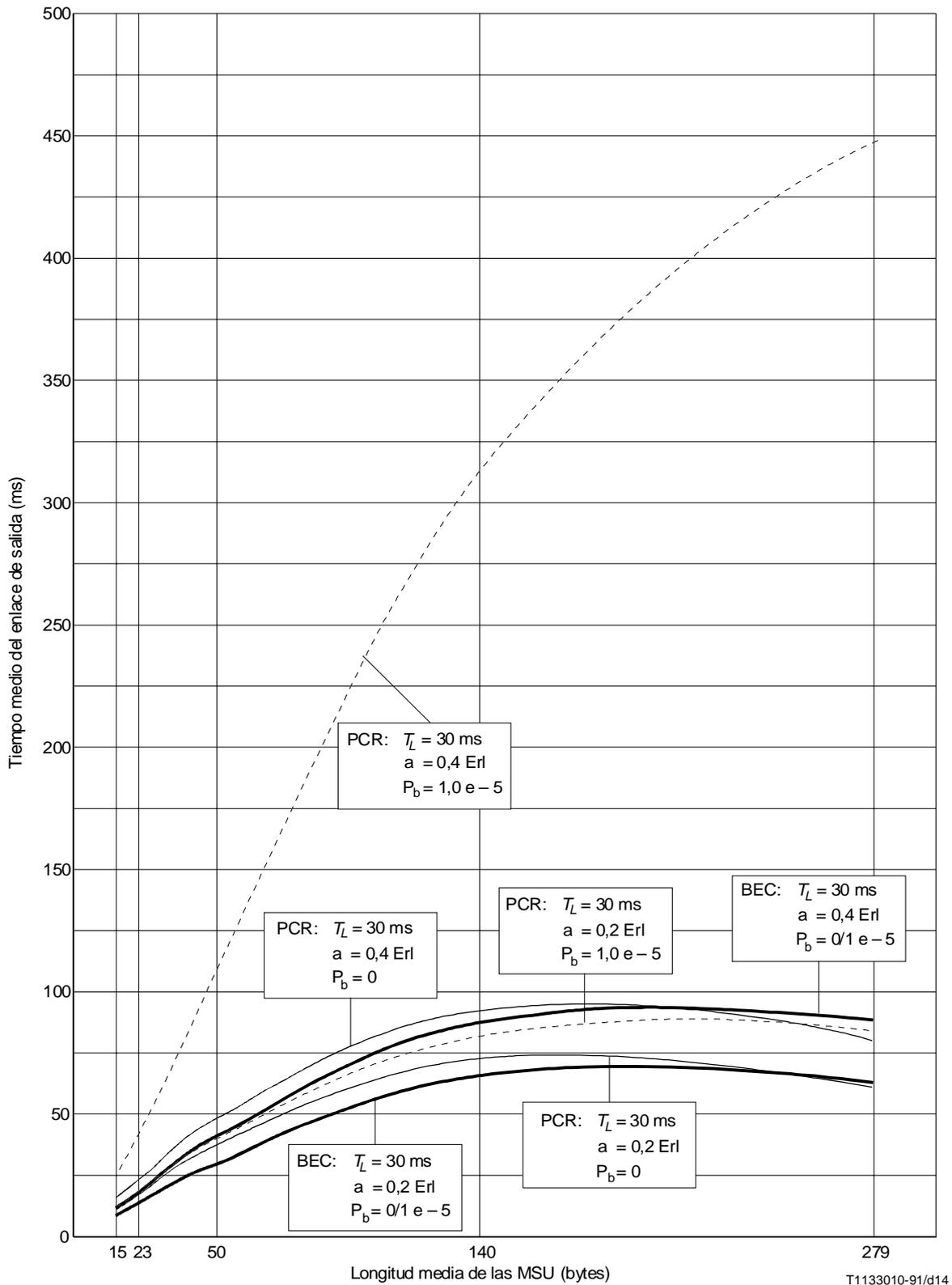
a [Erl]	$T_L$ [ms]	Perturbación	Valor	Tiempo del enlace de salida (ms)				
				MSU – Longitud (bytes)				
				15	23	50	140	279
0,2	30	No	Media	4,2	6,4	11,3	23,1	38,7
			95%	12,5	18,9	38,1	71,1	58,6
		Sí	Media	4,2	6,2	11,4	24,0	41,3
			95%	12,8	19,3	39,5	80,4	84,5
	600	No	Media	4,2	6,5	14,1	35,7	56,0
			95%	12,6	19,4	42,2	93,1	86,2
		Sí	Media	5,0	7,4	15,5	39,3	63,0
			95%	27,8	34,9	60,3	127,2	149,0
0,4	30	No	Media	5,0	7,6	15,3	29,9	43,8
			95%	15,0	22,9	48,3	93,8	79,8
		Sí	Media	5,6	8,7	18,9	47,5	81,1
			95%	26,3	42,5	106,2	310,9	448,2
	600	No	Media	5,0	7,7	16,7	41,8	63,9
			95%	15,0	23,0	50,0	111,4	108,9
		Sí	Media	47,2	55,1	84,8	183,5	282,5
			95%	379,7	422,7	586,2	1103	1470



T1133000-91/d13

- BEC Método básico de corrección de errores/PCR = método de retransmisión cíclica preventiva
- $T_L$  Tiempo de propagación en el bucle de señalización, incluido el tiempo de tratamiento en el terminal de señalización
- a Carga de tráfico de las MSU, excluida la retransmisión
- $P_b$  Probabilidad de errores en los bits

FIGURA 13/Q.706  
Demora media del enlace de salida -  $T_L = 30$  ms



T1133010-91/d14

FIGURA 14/Q.706

Valor del nivel del 95% para la demora del enlace de salida -  $T_L = 30$  ms

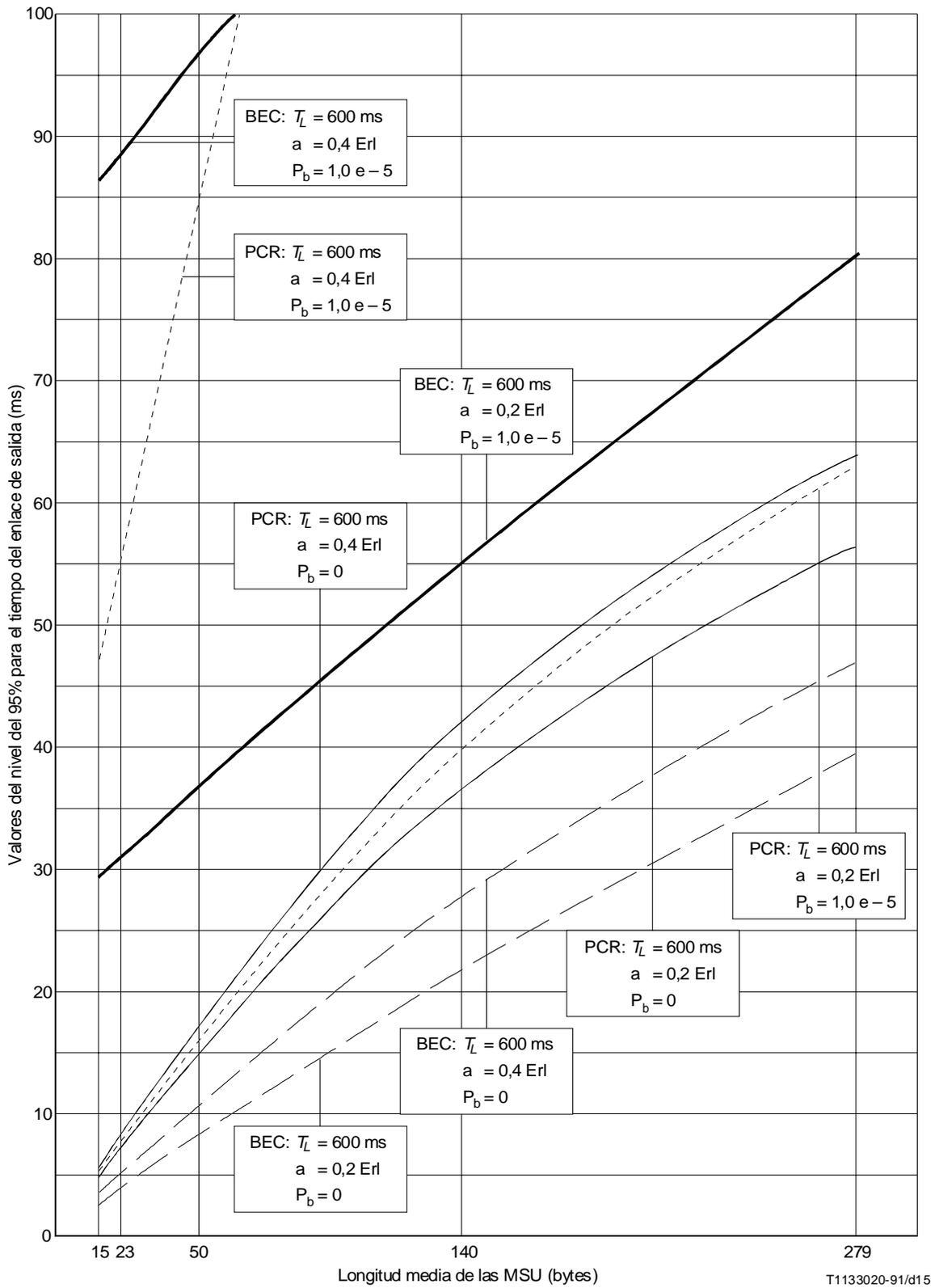
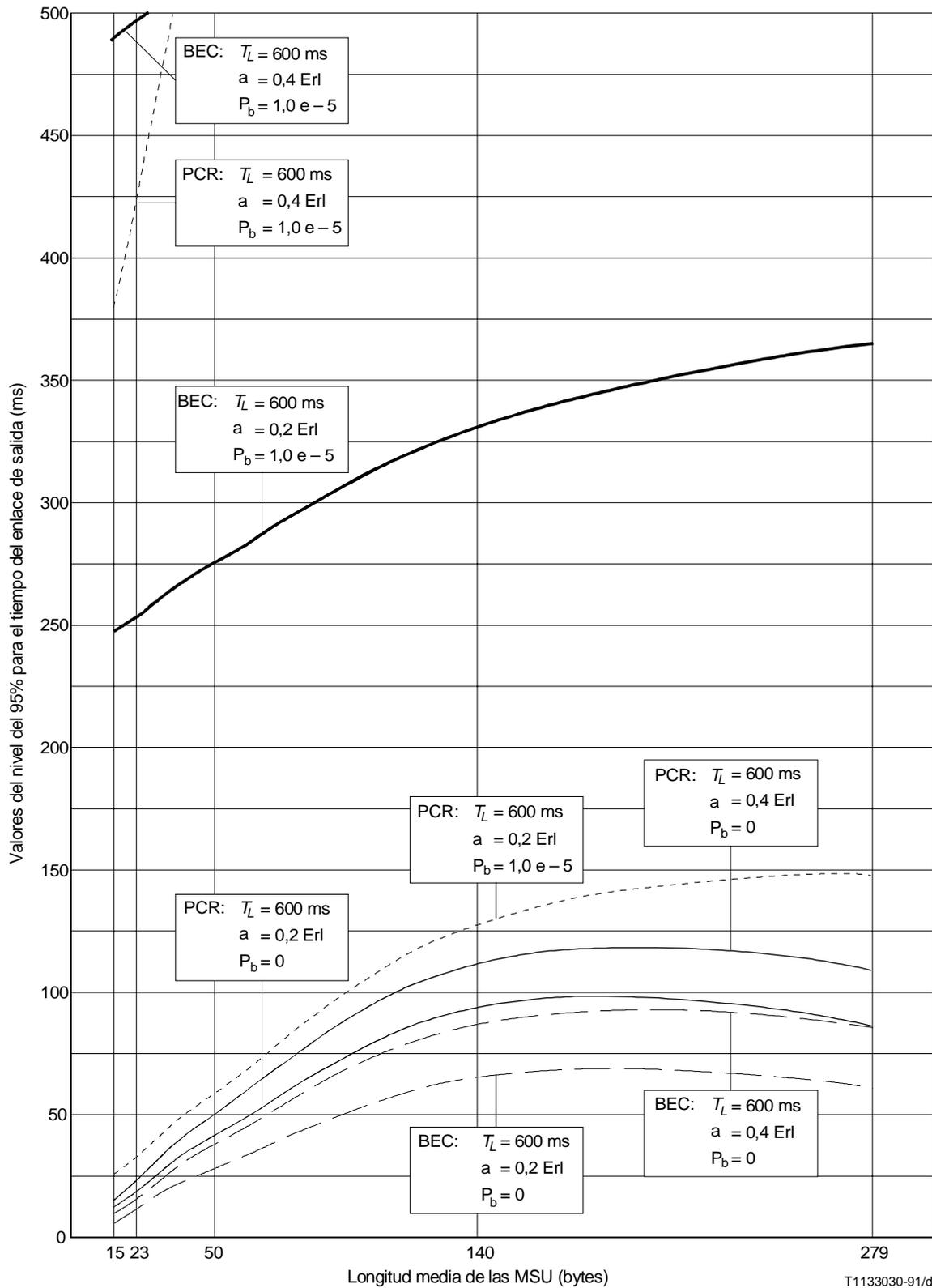


FIGURA 15/Q.706  
Demora media del enlace de salida –  $T_L = 600$  ms



T1133030-91/d16

FIGURA 16/Q.706

Valores del nivel del 95% para la demora del enlace de salida -  $T_L = 600$  ms

### 5.2.3 Examen de los resultados con la tasa de errores en los bits de $10^{-5}$

Pueden sacarse algunas conclusiones de los Cuadros 6 y 7 y de las Figuras 13 a 16.

Además, las curvas correspondientes a  $P_b = 0$  en las Figuras 13 y 15 son muy parecidas a los resultados correspondientes a  $P_b = 10^{-7}$  (véanse los Cuadros 9 y 10).

#### 5.2.3.1 Enlaces terrenales

- Normalmente se utiliza solamente BEC en los enlaces terrenales.
- Las perturbaciones supuestas no ejercen prácticamente ninguna influencia en la demora.
- Los valores medios de  $T_{od}$  llegan hasta 40 a 50 ms para mensajes largos.
- Los valores del 95% para  $T_{od}$  llegan hasta 100 ms. (La pequeña disminución para los mensajes de cerca de 279 bytes de longitud puede explicarse por las diferentes distribuciones de longitud – véase 5.2.1.5.).
- Los valores para el método PCR que se dan en las Figuras 13 y 14 son sólo teóricos, pero indican las limitaciones del método PCR para altas cargas (0,4 erlang).

Para una longitud media de la MSU de 140 bytes, los valores del tiempo de demora están comprendidos entre los del sistema de espera  $M/M/1$  (caso más desfavorable) y el sistema de espera  $M/D/1$  (caso más favorable). Por consiguiente, esos valores del tiempo de demora se calculan aproximadamente por una superposición de los resultados de  $M/M/1$  (ponderación 2/3) y los resultados de  $M/D/1$  (ponderación 1/3), ambos para una longitud media de la MSU de 140 bytes.

Para el cálculo del momento  $k_1 \dots k_3$  véase el Anexo B.1.

#### 5.2.3.2 Enlaces por satélite

- Para los enlaces por satélite se utiliza normalmente el método PCR.
- El método PCR funciona bien siempre que la carga del enlace no sea demasiado alta. La demora media del enlace de salida (véase la Figura 15) indica el buen comportamiento del método PCR a 0,2 erlang, con perturbaciones y sin perturbaciones.  $T_{od}$  llega hasta 65 ms. El método BEC con perturbaciones llega hasta 80 ms a 0,2 erlang.
- Sin embargo, con una carga del enlace de 0,4 erlang, el método PCR, en presencia de perturbaciones, no tiene ventajas, a menos que las tasas de errores en los bits del enlace sean inferiores a la tasa supuesta, a saber  $10^{-5}$ .

### 5.2.4 Resultados para $T_{od}$ con una tasa de errores en los bits de $10^{-7}$

Deben evitarse los valores muy altos de la demora del enlace de salida ( $T_{od}$ ) calculados en 5.2.3. Las posibilidades para reducir los valores son las siguientes

- reducir la carga del enlace significativamente por debajo de 0,4 erlang;
- utilizar enlaces con bajas tasas de errores en los bits.

Los cálculos siguientes muestran que, a  $10^{-7}$ , el efecto producido en  $T_{od}$  es muy bajo.

La probabilidad de errores en la MSU que figura en el Cuadro 8 se calcula a partir de la tasa de errores en los bits mediante la fórmula siguiente:

$$P_u(n) = 8 \times n \times 10^{-7}$$

donde n es la longitud media del mensaje en bytes.

CUADRO 8/Q.706

#### Probabilidad media de errores en la MSU dependiente de la longitud media de la MSU

Longitud de la MSU: n (bytes)	15	23	50	140	279
Probabilidad de errores en la MSU $P_u(n)$ [%]	0,0012	0,0018	0,004	0,0112	0,0223

Los Cuadros 9 y 10 muestran los valores de la demora del enlace de salida  $T_{od}$  para una probabilidad de errores en los bits de  $10^{-7}$ .

#### 5.2.4.1 Enlaces terrenales

Los valores de demora de espera son ligeramente inferiores cuando la tasa de errores en los bits del enlace es mejorada de  $10^{-5}$  a  $10^{-7}$ .

#### 5.2.4.2 Enlaces por satélite

Los valores de la demora de espera son considerablemente inferiores cuando la tasa de errores en los bits es mejorada de  $10^{-5}$  a  $10^{-7}$ .

CUADRO 9/Q.706

#### Demora del enlace de salida $T_{od}$ con el método de corrección de errores básico

a [Erl]	$T_L$ [ms]	Perturbación	Valor	Demora del enlace de salida (ms)				
				Longitud de la MSU (bytes)				
				15	23	50	140	279
0,2	30	No	Media	2,7	4,0	8,2	21,5	39,6
			95%	9,3	14,0	30,1	66,0	61,5
		Sí	Media	2,7	4,0	8,2	21,5	39,6
			95%	9,3	14,1	30,1	66,0	61,5
	600	No	Media	2,7	4,0	8,2	21,5	39,6
			95%	9,3	14,0	30,1	66,0	61,5
		Sí	Media	3,0	4,3	8,5	21,9	40,1
			95%	28,9	32,7	46,0	79,2	76,9
0,4	30	No	Media	3,5	5,2	10,8	27,6	46,9
			95%	12,2	18,6	40,0	88,7	87,1
		Sí	Media	3,5	5,2	10,8	27,6	46,9
			95%	12,2	18,6	40,0	88,7	87,1
	600	No	Media	3,5	5,2	10,8	27,6	46,9
			95%	12,2	18,6	40,0	88,7	87,1
		Sí	Media	4,3	6,0	11,6	28,5	47,9
			95%	44,0	48,4	64,5	107,4	106,9
a Carga de tráfico de las MSU (excluida la retransmisión) $T_L$ Tiempo de propagación en el bucle del enlace de señalización, incluido el tiempo de tratamiento en el terminal de señalización probabilidad media de errores en los bits $< 10^{-7}$ en presencia de perturbaciones.								

**Demora del enlace de salida  $T_{od}$  con el método de retransmisión cíclica preventiva**

a [Erl]	$T_L$ [ms]	Perturbación	Valor	Demora del enlace de salida (ms)				
				Longitud de la MSU (bytes)				
				15	23	50	140	279
0,2	30	No	Media	4,2	6,1	11,3	23,1	38,7
			95%	12,5	18,9	38,0	71,1	58,6
		Sí	Media	4,2	6,2	11,3	23,1	38,7
			95%	12,8	18,9	38,0	71,3	59,0
	600	No	Media	4,2	6,5	14,1	35,7	56,0
			95%	12,6	19,4	42,2	93,1	86,2
		Sí	Media	4,2	6,5	14,1	35,8	56,1
			95%	13,0	19,7	42,5	93,7	87,4
0,4	30	No	Media	5,0	7,6	15,2	29,9	43,8
			95%	15,0	22,9	48,2	93,8	79,8
		Sí	Media	5,0	7,6	15,3	30,1	44,2
			95%	15,2	23,3	49,7	101,0	96,1
	600	No	Media	5,0	7,7	16,7	41,8	63,9
			95%	15,0	23,0	50,0	111,4	108,9
		Sí	Media	5,3	8,0	17,1	42,8	65,3
			95%	30,2	38,1	67,1	141,5	153,9

**5.2.5 Conclusiones**

Los resultados de 5.2.3 y 5.2.4 ilustran el hecho de que los enlaces por satélite tienen que funcionar a una tasa de errores en los bits inferior a  $10^{-5}$ , tal como  $10^{-7}$ , para que el funcionamiento sea aceptable al utilizar grandes longitudes de mensaje y/o cargas del enlace superiores a 0,2 erlang. Prácticamente la mayoría de los enlaces por satélite actuales, funcionan con una tasa de errores igual o menor que la tasa de  $10^{-7}$  especificada en la Recomendación G.821. Los enlaces futuros se proyectarán con la misma tasa.

**5.3 Estimaciones del tiempo de tratamiento en el procesador STP ( $T_{ph}$ )**

Los tiempos de demora  $T_{ph}$  dependen de la realización. El soporte físico de la realización depende del estado de la tecnología en el momento de su desarrollo. Los avances de la tecnología pueden reducir los valores de demora presentados en esta subcláusula.

Los valores propuestos para  $T_{ph}$  en el Cuadro 11 se refieren al soporte físico del periodo correspondiente a los *Libros Rojo y Azul*.

La demora media global en un STP puede estimarse añadiendo los valores medios de  $T_{od}$  y  $T_{ph}$ . No obstante, la demora media global del 95% en un STP no puede ser estimada mediante una simple suma de los valores del 95% de  $T_{od}$  y  $T_{ph}$ .

**Tiempo de tratamiento en el procesador STP ( $T_{ph}$ )**

Carga del procesador	Valor de demora	Longitud media de la SU del mensaje			
		23 bytes	50 bytes	140 bytes	279 bytes (Nota)
Normal	Media	19	22	33	55
	95%	35	40	50	75
+ 30%	Media	60	70	100	160
	95%	120	140	200	320

NOTA – El tamaño de la MSU es fijo en este caso: 279 bytes.

## 6 Calidad de funcionamiento en condiciones desfavorables

### 6.1 Condiciones desfavorables

Este aspecto queda en estudio.

### 6.2 Influencia de las condiciones desfavorables

Este aspecto queda en estudio.

## Anexo A

### Cálculo de la demora de transmisión

(Este anexo es parte integrante de la presente Recomendación)

La fórmula para calcular la demora de transmisión debida a los enlaces terrenales (suponiendo que la demora en los repetidores es despreciable) es la siguiente:

$$D_T = D_P * L$$

La fórmula para calcular la demora de transmisión debida a los enlaces por satélite es la siguiente, para un solo salto:

$$D_{s(mín)} = 2 * h * D_P$$

$$D_{s(máx)} = 2 * (h + r) * D_P$$

donde

$D_T$  es la demora total ocasionada por los enlaces terrenales;

$D_s$  es la demora total ocasionada por los enlaces de satélite;

$D_P$  es el tiempo de transmisión en el enlace (demora por unidad de distancia);

$L$  es la longitud del arco (distancia entre estaciones en la superficie de la Tierra);

$r$  es el radio de la Tierra (6.370 km);

$h$  es la altura del satélite por encima de la superficie de la Tierra (35.800 km).

La fórmula correspondiente a  $D_{s(máx)}$  se simplifica con base en los anteriores valores relativos de  $r$  y  $h$ . Debe observarse que un enlace puede no ser en línea recta. Esto implica que la demora terrenal será mayor si un enlace no es en línea recta. Se supone que la demora aumentará como máximo en un diez por ciento si un mensaje debe desviarse con relación al trayecto recto para alcanzar su destino.

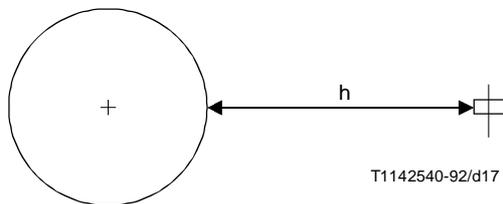


FIGURA A.1/Q.706  
Posición supuesta del satélite para  $D_{s(mín)}$

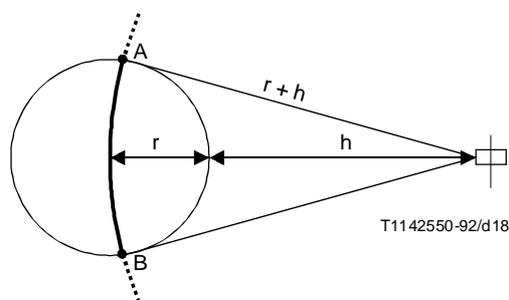


FIGURA A.2/Q.706  
Posición supuesta del satélite para  $D_{s(máx)}$

En el Cuadro A.1 figuran velocidades de transmisión de enlace típicas, con las distancias entre repetidores y las demoras correspondientes en los repetidores para cada método de transmisión de mensajes. Estas constantes se utilizan en las ecuaciones anteriores para calcular las demoras asociadas con llamadas de diferentes longitudes de arco.

CUADRO A.1/Q.706

**Constantes de demora**

	Velocidad de transmisión (km/s)	Demora de transmisión (ms/km) $D_p$
Satélites terrenales	299 793	0,0033
Hilo	209 855	0,0048
Fibra	199 802	0,005
Radioeléctrico	299 793	0,0033

## Anexo B

### Cálculo de la demora del enlace de salida ( $T_{od}$ )

(Este anexo es parte integrante de la presente Recomendación)

#### B.1 Cálculo del $k$ -ésimo momento del tiempo de emisión de la MSU

Se requiere el  $k$ -ésimo momento del tiempo de emisión de la MSU para los factores  $k_1$ ,  $k_2$  y  $k_3$  que figuran en 4.2.2.

$$m_k = \int_{t=0}^{\infty} t^k f(t) dt$$

$f(t)$  = función de densidad de distribución

$T$  constante (=  $T_m$ ):

$$f(t) = \delta(t - T_m)$$

$T$  distribución exponencial negativa:

$$f(t) = \exp(-t/T_m)$$

Con la transformación de Laplace-Stiltjes:

$$\int_{t=0}^{\infty} t^k f(t) dt = (-1)^k \cdot \left. \frac{d^k \Phi(s)}{ds^k} \right|_{s=0}$$

$T$  constante:

$$\Phi(s) = \exp(-s \cdot T_m)$$

De manera que:

$$2. \text{ momento } m_2 = T^2 m$$

$$3. \text{ momento } m_3 = T^3 m$$

$$4. \text{ momento } m_4 = T^4 m$$

$T$  distribución exponencial negativa:

$$\Phi(s) = \frac{1}{(1 + s \cdot T_m)}$$

De manera que:

$$2. \text{ momento } m_2 = 02 T^2 m$$

$$3. \text{ momento } m_3 = 06 T^3 m$$

$$4. \text{ momento } m_4 = 24 T^4 m$$

Esto produce como resultado los siguientes valores de los factores  $k_1$ ,  $k_2$  y  $k_3$  (véase 4.2.2):

general:  $k_1 = \frac{m_2}{T_m^2}$

$$k_2 = \frac{m_3}{T_m^3}$$

$$k_3 = \frac{m_4}{T_m^4}$$

$T$  constante:  $k_1 = 1$

$$k_2 = 1$$

$$k_3 = 1$$

$T$  distribución exponencial negativa:  $k_1 = 2$

$$k_2 = 6$$

$$k_3 = 24$$

## B.2 Cálculo aproximado de los valores del 95% de $T_{od}$

$$T_{od.95\%} = Q_{t.95\%} + T_{m.95\%}$$

$Q_{t.95\%}$  y  $T_{m.95\%}$  se calculan con la ayuda de la aproximación que figura en 4.2.3:

$$P(> T_{95\%}) \cong \exp\left(-\frac{T_{95\%} - T_{media} + \sigma}{\sigma}\right)$$

$$P(T \leq T_{95\%}) = 1 - P(T_{95\%})$$

con  $P(T \leq T_{95\%}) = 0,95$

donde  $T_{95\%} \cong T_{media} + 2\sigma$

con  $T_{media} =$  valor medio de  $T$

$\sigma =$  desviación típica de  $T$

Esto da:

$$Q_{t.95\%} \cong Q_t + 2\sigma$$

y

$T_{m.95\%} \cong 3T_m$  para 15, 23 ó 50 bytes de longitud media de la MSU

$T_{m.95\%} \cong 2/3 \times 3T_m + 1/3 \times T_m$   
 $= 7/3 \times T_m$  para 140 bytes de longitud media de la MSU

$T_{m.95\%} = T_m$  para 279 bytes de longitud media de la MSU.

## Referencia

- [1] Recomendación del CCITT *Características de error en una conexión digital internacional que forma parte de una red digital de servicios integrados*, Tomo III, Rec. G.821.