



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

CCITT

COMITÉ CONSULTIVO
INTERNACIONAL
TELEGRÁFICO Y TELEFÓNICO

E.550

(11/1988)

SERIE E: EXPLOTACIÓN GENERAL DE LA RED,
SERVICIO TELEFÓNICO, EXPLOTACIÓN DEL
SERVICIO Y FACTORES HUMANOS

Ingeniería de tráfico – Grado de servicio

**GRADO DE SERVICIO Y NUEVOS CRITERIOS
DE CALIDAD DE FUNCIONAMIENTO DE LAS
CENTRALES TELEFÓNICAS
INTERNACIONALES EN CONDICIONES DE
FALLO**

Reedición de la Recomendación E.550 del CCITT
publicada en el Libro Azul, Fascículo II.3 (1988)

NOTAS

1 La Recomendación E.550 del CCITT se publicó en el Fascículo II.3 del Libro Azul. Este fichero es un extracto del Libro Azul. Aunque la presentación y disposición del texto son ligeramente diferentes de la versión del Libro Azul, el contenido del fichero es idéntico a la citada versión y los derechos de autor siguen siendo los mismos (véase a continuación).

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.

Recomendación E.550

GRADO DE SERVICIO Y NUEVOS CRITERIOS DE CALIDAD DE FUNCIONAMIENTO DE LAS CENTRALES TELEFÓNICAS INTERNACIONALES EN CONDICIONES DE FALLO

1 Introducción

1.1 Esta Recomendación se refiere a situaciones de fallo en una sola central y a su influencia en las llamadas cursadas por esta central (no se tratan las repercusiones en la red).

1.2 Se formula esta Recomendación desde el punto de vista de grado de servicio (GDS) de la central.

1.3 De conformidad con la Recomendación E.543, relativa a las centrales de tránsito en condiciones normales de funcionamiento, esta Recomendación se aplica, principalmente, a las centrales digitales internacionales. Sin embargo, las Administraciones pueden tener en cuenta esta Recomendación para sus redes nacionales.

1.4 En el grado de servicio (GDS) percibido por el abonado (bloqueo y/o demora en el establecimiento de las comunicaciones) no sólo influyen las variaciones de la carga de tráfico sino también los fallos parciales o totales de los componentes de la red. El concepto de GDS percibido por el abonado no está limitado a condiciones específicas de avería y restablecimiento. Por ejemplo, generalmente el usuario ignora que ha surgido un problema en la red y no está en condiciones de distinguir entre una condición de fallo y otras condiciones, tales como los picos en la demanda de tráfico o la insuficiencia de los equipos en servicio como consecuencia de actividades de mantenimiento periódico. Es necesario, pues, formular criterios de calidad de funcionamiento y objetivos de GDS adecuados para las centrales telefónicas internacionales, en los que se tengan en cuenta las repercusiones de los fallos parciales y totales de la central. Además, en el marco de estos trabajos, habrán de elaborarse definiciones, modelos, y métodos de medida y cálculos apropiados.

1.5 Desde el punto de vista del abonado, el GDS no sólo debe definirse por el nivel de servicio insatisfactorio, sino también por la duración de los periodos durante los cuales el GDS es insatisfactorio y por la frecuencia con que tales situaciones se producen. Así pues, en su forma más general, los criterios de calidad de funcionamiento deben tener en cuenta factores tales como la frecuencia y duración de los fallos, la demanda de tráfico durante los fallos, el número de abonados afectados por los fallos y la distorsión de los perfiles del tráfico que éstos originan.

No obstante, desde el punto de vista práctico, sería conveniente comenzar por criterios más simples que puedan desarrollarse gradualmente a fin de tener en cuenta todos los factores antes mencionados.

1.6 Los fallos totales o parciales en la parte internacional de la red tienen un efecto mucho más grave que el de fallos análogos en redes nacionales, ya que en éstas los componentes averiados pueden aislarse y el tráfico afectado puede reencaminarse.

En consecuencia, los fallos de la parte internacional de la red pueden degradar el servicio por un incremento de los bloqueos y las demoras, o incluso interrumpir por completo el servicio durante cierto tiempo. El objeto de la presente Recomendación es formular algunos objetivos de servicio para las centrales internacionales, a fin de garantizar cierto nivel de servicio a los abonados que soliciten conexiones internacionales.

Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que cuando existen centrales multicabeceras que proporcionan acceso desde/hacia un país con diversidad de circuitos y métodos de restauración, el GDS real será mayor que en el caso de una sola central.

2 Consideraciones generales

2.1 En los nuevos criterios de calidad de funcionamiento que se procura establecer intervienen conceptos propios del campo de la «disponibilidad» (frecuencia y duración de las averías) y la «congestión de tráfico» (niveles de bloqueo y/o demora). Es necesario, por tanto, que la terminología, definiciones y modelos examinados sean coherentes con las Recomendaciones correspondientes sobre terminología y vocabulario.

2.2 En los periodos de gran congestión, causada por picos de tráfico o por un funcionamiento defectuoso de la central, es probable que se registre un aumento importante del número de tentativas repetidas. Además, cabe esperar que, debido a la demanda acumulada durante un periodo de avería total, la carga de tráfico de la central sea muy intensa inmediatamente después de restablecerse el servicio una vez eliminado el fallo y establecido el servicio. Deben tenerse en cuenta los posibles efectos de estos fenómenos sobre el GDS propuesto para condiciones de fallo. (Para ulterior estudio.)

3 Características de funcionamiento de la central en condiciones de fallo

3.1 Se considera que la central se encuentra en una condición de fallo cuando cualquier fallo de la misma (soporte físico, soporte lógico, errores humanos) reduce su caudal en el momento en que es necesario cursar tráfico. Se incluyen en la presente Recomendación las cuatro categorías siguientes de fallos de las centrales:

- a) fallo total de la central;
- b) fallo parcial que afecta por igual a la capacidad para cursar todos los flujos de tráfico;
- c) fallo parcial que sólo afecta al tráfico cursado hacia o desde un punto particular, quedando parcial o totalmente aislado de la ruta prevista;
- d) fallo intermitente que afecta a una determinada proporción de llamadas.

3.2 En la medida de lo posible, la central debe diseñarse de manera tal que el fallo de una o varias unidades repercuta lo menos posible en su caudal. Además, la central debe ser capaz de tomar medidas por sí misma para aminorar los efectos de cualquier sobrecarga que se produzca como resultado del fallo de alguna de sus unidades (Recomendación Q.504, § 3). Las unidades de la central cuyo fallo reduzca el caudal de ésta en mayor medida deben poseer una disponibilidad proporcionalmente mayor en comparación con las demás unidades (Recomendación Q.504, § 4).

3.3 Cuando un fallo reduce el caudal de la central y se produce congestión, la central debe ser capaz de enviar indicaciones de control hacia otras centrales y hacia los sistemas de gestión de la red a fin de facilitar el control de la carga que se le ofrece (Recomendaciones E.410 y Q.506).

4 GDS y modelos aplicables

4.1 En este punto, los términos «accesible» e «inaccesible» se utilizan en el sentido de la Recomendación G.106 (*Libro Rojo*). La estructura del GDS para las centrales en condiciones de fallo puede formularse, desde el punto de vista del abonado, en los dos niveles conceptuales siguientes:

4.1.1 Accesibilidad (inaccesibilidad) instantánea del servicio

En este nivel se atiende principalmente a la probabilidad de que el servicio sea accesible (o inaccesible) para el abonado en *el instante* en que efectúa una demanda.

4.1.2 Accesibilidad (inaccesibilidad) acumulativa del servicio

En este nivel, se amplía el concepto de «tiempo de indisponibilidad» utilizado en las especificaciones de disponibilidad de las centrales para incluir los efectos de los fallos parciales y de las sobrecargas de tráfico durante un largo periodo de tiempo.

4.2 Sobre la base del concepto de grado de servicio descrito en el § 4.1 los parámetros de grado de servicio de las centrales en condiciones de fallo (o de avería) se definen como sigue:

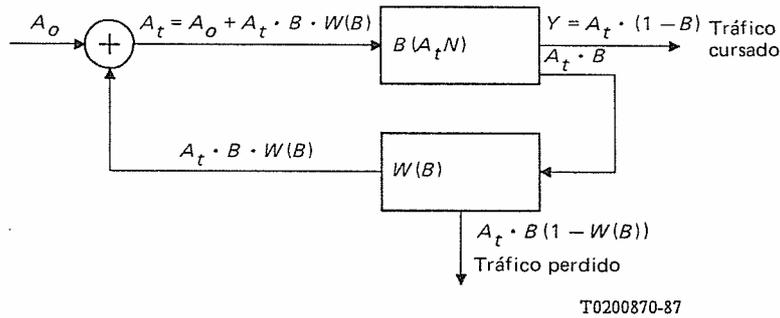
4.2.1 **inaccesibilidad instantánea al servicio de una central** es la probabilidad de que esa central no pueda realizar la función requerida (procesamiento satisfactorio de llamadas) en las condiciones especificadas, en el momento en que se efectúa una petición de servicio.

4.2.2 **inaccesibilidad media al servicio de una central** es la media de inaccesibilidad instantánea en un periodo de observación preestablecido (por ejemplo, un año).

4.2.3 *Nota 1* – El modelo de GDS en el caso de inaccesibilidad instantánea de una central está estrechamente relacionado con el concepto de congestión de llamadas en la teoría de tráfico y debe ampliarse para incluir la congestión de llamadas originada por los fallos de central indicados en el § 3.1. El valor de GDS puede asignarse en tal caso sobre una base análoga a la establecida en la Recomendación E.543 para los centros de tránsito en condiciones normales de funcionamiento.

Nota 2 – En el anexo A figura un modelo para estimar la inaccesibilidad acumulativa de una central. Aunque el modelo permite un enfoque sencillo y por lo tanto atractivo, algunos de los aspectos prácticos relacionados con la medida y la comprobación, así como los efectos que sobre el GDS podrían producir los medios de control de la gestión de la red y el mantenimiento periódico requieren estudios adicionales.

4.3 El modelo de la figura 1/E.550 pone en evidencia la modificación de la naturaleza del tráfico ofrecido en condiciones de fallo.



donde:

A_o = tráfico ofrecido

A_t = tráfico total

B = factor de congestión (tentativas de llamada no procesadas) que puede incluir los efectos de controles de gestión de red

N = recursos

Y = tráfico cursado

W = proporción de tentativas de llamada bloqueadas que se repiten

FIGURA 1/E.550

Modelo para el tráfico ofrecido en condiciones de fallo

En condiciones normales, el factor de congestión B es bajo y habría pocas repeticiones de tentativas; en consecuencia, el tráfico A_t se aproxima al tráfico A_o .

En condiciones de fallo, los recursos se reducen y el factor de congestión B aumenta. Esto provoca el fenómeno de repetición de tentativas y, por consiguiente, la carga A_t de la central se hace más grande que la carga A_o original.

Por tanto, es necesario evaluar la congestión con la nueva carga A_t suponiendo la estabilidad del sistema, lo que puede no ocurrir en todos los casos.

La Recomendación E.501 ofrece unos modelos adecuados para la determinación del tráfico ofrecido a partir del tráfico cursado, teniendo en cuenta las repeticiones de tentativas.

4.4 El efecto de cada tipo de fallo de la central en el GDS puede caracterizarse por:

- la carga en erlangs (A_t) y las tentativas de llamada en la hora cargada (TLHC);
- los parámetros de inaccesibilidad (instantánea y media), congestión y demora (establecimiento de la comunicación, tiempo de transferencia de la central, etc.);
- la duración de la avería;
- la intensidad de fallos.

5 Normas de GDS e inaccesibilidad

5.1 Las situaciones de fallo en la central pueden producir efectos similares a los provocados por sobrecarga de tráfico aplicadas a una central en condiciones de funcionamiento correcto.

En general, las centrales digitales que funcionen en la red deben ser capaces de tomar medidas para garantizar un caudal máximo cuando encuentran una condición de sobrecarga, incluidas todas las condiciones de esta naturaleza causada por una condición de fallo dentro de la central.

Las llamadas que la central haya aceptado para su tratamiento deben seguir procesándose con la mayor rapidez posible compatible con las estrategias de protección frente a sobrecarga recomendadas en el § 3 de la Recomendación Q.543.

5.2 Una medida que puede tomar la central para preservar su capacidad de tratamiento de llamadas consiste en iniciar controles de congestión y/u otras operaciones de gestión de red, a fin de controlar la carga que se ofrece a la central (Recomendaciones E.410, E.413 y Q.506). Desde el punto de vista del abonado llamante, el efecto más evidente puede ser una disminución de la probabilidad de que la red en su conjunto pueda completar una parte de las tentativas de llamada que la central es incapaz de aceptar durante la condición de fallo.

5.3 Las centrales de tránsito internacional ocupan un lugar prominente en la red y es importante que su capacidad de procesamiento esté asociada a un alto grado de disponibilidad. Es probable que existan numerosas diferencias en cuanto a la arquitectura de las centrales, y estas diferentes arquitecturas tendrán repercusiones diferentes en las categorías de fallo y en la pérdida de capacidad resultante.

Por lo general, los fallos que provocan la pérdida de una gran proporción de la capacidad de la central deben tener una baja probabilidad de aparición y un tiempo de indisponibilidad reducido. Es importante que se adopten los procedimientos de mantenimiento necesarios para conseguir una disponibilidad adecuada de la central.

5.4 La expresión formal del criterio de inaccesibilidad media de la central es la siguiente:

Sean:

$y(t)$: Intensidad de las tentativas de llamada que acceden a la central, suponiendo que no hay fallos.

$s(t)$: Intensidad de las tentativas de llamadas que acceden a la central teniendo en cuenta las condiciones de avería que se producen en ésta.

La inaccesibilidad media de la central en un periodo de tiempo T viene dada por:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{y(t) - s(t)}{y(t)} dt$$

En el anexo A se describe la aplicación práctica de este criterio.

En periodos en los que la central experimenta un fallo completo, es decir, $s(t) = 0$, la expresión:

$$\frac{y(t) - s(t)}{y(t)} \quad \text{es igual a 1.}$$

La contribución de tales periodos al criterio total P puede entonces expresarse sencillamente como la fracción P_{total} del periodo de evaluación T , durante la que se ha producido el corte total en la central debido al fallo.

El objetivo para P_{total} es que este valor no sea de más de 0,4 horas al año.

En los periodos de fallo parcial, conviene también expresar el objetivo en forma de horas equivalentes por año. Se utiliza el término «equivalente» debido a que la duración de los fallos parciales está ponderada por la fracción:

$$\frac{y(t) - s(t)}{y(t)}$$

de tentativas de llamada a las que se les ha denegado el acceso. Los objetivos para la contribución del periodo de fallos parciales de la central al criterio total P , vienen dados por:

$$P_{parcial} \leq 1,0 \text{ horas equivalentes por año.}$$

Obsérvese que por definición, $P = P_{total} + P_{parcial}$

El criterio de inaccesibilidad no comprende:

- los cortes previstos;
- los fallos con duración inferior a 10 segundos;
- los daños accidentales producidos al equipo durante el mantenimiento;
- los fallos de origen externo debidos a interrupciones en el suministro de energía, etc.

Sí están comprendidos los fallos originados por el soporte lógico o el soporte físico.

Asimismo, los objetivos se refieren a la central en condiciones normales de explotación y no comprenden los fallos producidos tras el corte de una central o los que se originan al final del periodo de servicio, es decir la distribución bien conocida de «succión» (*bath tub*).

6 Supervisión de la calidad de funcionamiento

Algunas condiciones de fallo [por ejemplo, el tipo mencionado en el § 3.1 b)], se reflejarán generalmente en las medidas normales de GDS estipuladas en la Recomendación E.543.

Otras condiciones de fallo [por ejemplo, las del tipo mencionado en el § 3.1 c)], pueden provocar una calidad reducida para una parte del flujo del tráfico, y no influir, o hacerlo en grado mínimo sobre el GDS medido de la central. Por ejemplo, si se produce un fallo en un módulo de enlaces en una central digital, se bloquea el tráfico asociado normalmente con dicho módulo pero como entonces no se miden las tentativas de llamada en él, dicho fallo no modifica la supervisión del GDS de la central.

En este segundo caso puede calcularse la inaccesibilidad media utilizando medidas directas de cortes de unidades a fin de obtener información sobre m_i y t_i y estimaciones de b_i para su empleo en el modelo del anexo A. (Véase en el anexo A la explicación de estos símbolos.)

Las estimaciones de b_i pueden incluir factores fijos basados en la arquitectura de la central y factores variables derivados de medidas de tráfico efectuadas inmediatamente antes del instante del fallo.

ANEXO A

(a la Recomendación E.550)

Modelo para la inaccesibilidad media de una central

A.1 Sea P la probabilidad de que no se procese una tentativa de llamada debida a una avería en la central. Entonces:

$$P = \sum_{i=1}^N p_i b_i \quad (\text{A-1})$$

donde:

- p_i es la probabilidad de una avería del modo i . Cada modo de avería indica una combinación específica de componentes averiadas en la central,
- N es el número de modos de averías.
- b_i es la proporción media del tráfico que no puede procesarse debido al modo de avería i . Es función de la avería específica presente y de la carga de tráfico ofrecida en el momento en que se produce la condición de fallo.

Durante un periodo de tiempo T , la probabilidad de avería p_i puede estimarse mediante:

$$p_i = \frac{m_i \cdot t_i}{T} \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (\text{A-2})$$

donde:

- m_i es el número de averías de modo i que se producen durante el periodo T ,
- t_i es la duración media de las averías del modo i .

Por razones prácticas se desearían excluir de los cálculos las averías de duración inferior a 15 segundos.

Nota 1 – Un modo de avería dado hace que la central pase al estado de avería correspondiente, caracterizado por una duración media dada y una función b_i que da la proporción de tráfico ofrecido afectado. En principio, el número posible de modos de avería puede ser muy grande, debido al número de combinaciones que pueden producirse. En la práctica puede reducirse este número considerando equivalentes todos los modos de avería con los mismos valores de b_i y de t_i .

Nota 2 – El valor b_i deberá tener en cuenta la distribución del tráfico a lo largo de un día y la probabilidad de que se produzca una avería del modo i durante un periodo de tiempo dado. El valor asignado en el modelo anterior será la media de los valores b_i para las horas consideradas en estas distribuciones. Por ejemplo, una avería parcial que afecte al 20% del caudal del tráfico de la central en la hora cargada y en dos horas similares puede considerarse que afecta a una reducción del 10% en otras cuatro horas moderadamente cargadas y que tiene un efecto despreciable sobre las restantes horas. Si se considera que esta avería es equiprobable a lo largo del tiempo, el valor medio de b_i puede obtenerse como sigue:

$$\begin{aligned} b_i &= \text{Suma de} \left(\frac{\text{Porcentaje del tráfico afectado} \times \text{número de horas cargadas pertinentes}}{24 \text{ horas}} \right) = \\ &= \frac{0,2 \times 3}{24} + \frac{0,1 \times 4}{24} + \frac{0,0 \times 17}{24} = 0,025 + 0,0167 = 0,0417 \end{aligned}$$

Nota 3 – La probabilidad de que no se procese una tentativa de llamada es función de la clase del tráfico afectado por la avería. Distintos tráficos experimentarán un GDS diferente dependiendo de la arquitectura del sistema, la cual no se ha tenido en cuenta en esta Recomendación. Por ejemplo, las averías parciales que provocan la retirada del servicio de bloques de enlaces conectados a una central, producen como efecto la reducción del tráfico total ofrecido a la central. Los flujos de tráfico que no utilizan los enlaces averiados tendrán, en consecuencia un GDS ligeramente mejor.

A.2 *Ejemplo para calcular la inaccesibilidad, P*

Véase el cuadro A-1/E.550.

CUADRO A-1/E.550

Ejemplo de utilización del modelo para calcular la inaccesibilidad P
($T = 1$ año = 8760 horas)

b_i	m_i	t_i	$p_i \cdot b_i$
Proporción media del tráfico que no puede procesarse	Número de fallos de modo i por año	Duración media del fallo de modo i (horas)	Probabilidad de que no se pueda procesar una tentativa de llamada ($\times 10^{-5}$)
1,00	2	0,2	4,56
0,40	3	0,22	3,01
0,20	4	0,3	2,74
0,10	6	0,4	2,74
0,05	10	0,5	2,85

El valor de P es la suma de los distintos productos $p \cdot b_i$ del cuadro A-1/E.550. En este ejemplo, $P = 15,90 \times 10^{-5}$, lo que equivale a 1,39 horas de inaccesibilidad por año ($1,39 = 15,90 \times 10^{-5} \times 8760$). P se descompone como sigue:

$$P_{total} = 0,40 \text{ horas por año } (4,56 \times 10^{-5} \times 8760)$$

$$P_{parcial} = 0,99 \text{ horas por año (parte restante de } P).$$

A.3 Como ejemplo adicional, considérese un haz de circuitos en el que los fallos de la central pueden interrumpir uno o más circuitos (véase la figura A-1/E.550). Es posible desarrollar la fórmula (A-1).

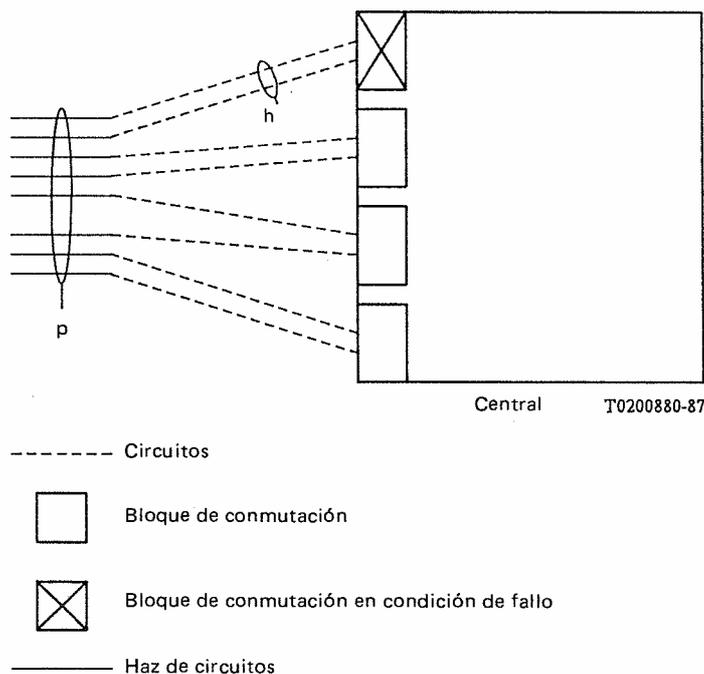


FIGURA A-1/E.550

Fallo de central que interrumpe uno o más circuitos

La proporción media del tráfico $b(n, k, A)$, que no puede procesarse debido a los fallos en los circuitos es, ahora, función de:

- n , dimensión del haz de circuitos,
- k , número de circuitos fuera de servicio a causa del fallo.
- A , tráfico medio ofrecido al haz de circuitos en ausencia de averías.

Si el caudal en un haz de circuitos de dimensión n al que se ofrece un tráfico A es $C_n(A)$; el caudal en el mismo haz de circuitos en el que hay k de ellos fuera de servicio, será $C_{n-k}(A)$. En consecuencia, la proporción media de tráfico $b(n, k, A)$ que no puede procesarse debido al fallo es:

$$b(n, k, A) = \frac{[C_n(A) - C_{n-k}(A)]}{C_n(A)} \quad (\text{A-3})$$

Siendo

$f(k, A)$ la probabilidad de que haya k circuitos en una condición de avería, y A el tráfico medio ofrecido, la probabilidad P_n de que no se procese una tentativa de llamada debido al fallo de un haz de circuitos de tamaño n viene dada por:

$$P_n = \sum_{k,A} f(k, A) \cdot b(n, k, A) \quad k = 1, 2, \dots, n \quad (\text{A-4})$$

Si k y A son independientes,

$$f(k, A) = f_1(k) \cdot f_2(A) \quad (\text{A-5})$$

donde $f_1(k)$ obedece a una distribución binomial y $f_2(A)$ a una de Poisson.

Si se supone que el tráfico obedece a una distribución de Erlang, $C_n(A)$ es proporcional a $A \cdot (1 - E_n(A))$, donde $E_n(A)$ es la probabilidad de bloqueo expresada por la fórmula de llamadas perdidas de Erlang. Por consiguiente:

$$b(n, k, A) = \frac{E_{n-k}(A) - E_n(A)}{1 - E_n(A)} \quad (\text{A-6})$$

puede obtenerse utilizando las tablas de Erlang e introduciendo su valor en la ecuación (A-4).

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

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