

# UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

## E.806

(06/2019)

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

Calidad de los servicios de telecomunicación: conceptos, modelos, objetivos, planificación de la seguridad de funcionamiento – Términos y definiciones relativos a la calidad de los servicios de telecomunicación

---

### **Campañas de medición, sistemas de seguimiento y metodologías de muestreo para el seguimiento de la calidad de servicio en las redes móviles**

Recomendación UIT-T E.806

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE E  
**EXPLOTACIÓN GENERAL DE LA RED, SERVICIO TELEFÓNICO, EXPLOTACIÓN DEL SERVICIO  
Y FACTORES HUMANOS**

|   |                    |
|---|--------------------|
| <b>EXPLOTACIÓN DE LAS RELACIONES INTERNACIONALES</b>  |                    |
| Definiciones  | E.100–E.103        |
| Disposiciones de carácter general relativas a las Administraciones  | E.104–E.119        |
| Disposiciones de carácter general relativas a los usuarios  | E.120–E.139        |
| Explotación de las relaciones telefónicas internacionales   | E.140–E.159        |
| Plan de numeración del servicio telefónico internacional  | E.160–E.169        |
| Plan de encaminamiento internacional  | E.170–E.179        |
| Tonos utilizados en los sistemas nacionales de señalización   | E.180–E.189        |
| Plan de numeración del servicio telefónico internacional  | E.190–E.199        |
| Servicio móvil marítimo y servicio móvil terrestre público  | E.200–E.229        |
| <b>DISPOSICIONES OPERACIONALES RELATIVAS A LA TASACIÓN Y A LA<br/>CONTABILIDAD EN EL SERVICIO TELEFÓNICO INTERNACIONAL</b>              |                    |
| Tasación en el servicio internacional   | E.230–E.249        |
| Medidas y registro de la duración de las conferencias a efectos de la contabilidad  | E.260–E.269        |
| <b>UTILIZACIÓN DE LA RED TELEFÓNICA INTERNACIONAL PARA APLICACIONES<br/>NO TELEFÓNICAS</b>  |                    |
| Generalidades   | E.300–E.319        |
| Telefotografía  | E.320–E.329        |
| <b>DISPOSICIONES DE LA RDSI RELATIVAS A LOS USUARIOS</b>  |                    |
| <b>PLAN DE ENCAMINAMIENTO INTERNACIONAL</b>   |                    |
| <b>GESTIÓN DE RED</b>   |                    |
| Estadísticas relativas al servicio internacional  | E.400–E.404        |
| Gestión de la red internacional   | E.405–E.419        |
| Comprobación de la calidad del servicio telefónico internacional  | E.420–E.489        |
| <b>INGENIERÍA DE TRÁFICO</b>  |                    |
| Medidas y registro del tráfico  | E.490–E.505        |
| Previsiones del tráfico   | E.506–E.509        |
| Determinación del número de circuitos necesarios en explotación manual  | E.510–E.519        |
| Determinación del número de circuitos necesarios en explotación automática y semiautomática   | E.520–E.539        |
| Grado de servicio   | E.540–E.599        |
| Definiciones  | E.600–E.649        |
| Ingeniería de tráfico para redes con protocolo Internet   | E.650–E.699        |
| Ingeniería de tráfico de RDSI   | E.700–E.749        |
| Ingeniería de tráfico de redes móviles  | E.750–E.799        |
| <b>CALIDAD DE LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIÓN: CONCEPTOS, MODELOS,<br/>OBJETIVOS, PLANIFICACIÓN DE LA SEGURIDAD DE FUNCIONAMIENTO</b> |                    |
| <b>Términos y definiciones relativos a la calidad de los servicios de telecomunicación</b>  | <b>E.800–E.809</b> |
| Modelos para los servicios de telecomunicación  | E.810–E.844        |
| Objetivos para la calidad de servicio y conceptos conexos de los servicios de telecomunicaciones  | E.845–E.859        |
| Utilización de los objetivos de calidad de servicio para la planificación de redes de telecomunicaciones.                               | E.860–E.879        |
| Recopilación y evaluación de datos reales sobre la calidad de funcionamiento de equipos, redes y servicios                              | E.880–E.899        |
| <b>OTROS</b>  | <b>E.900–E.999</b> |
| <b>EXPLOTACIÓN DE LAS RELACIONES INTERNACIONALES</b>  |                    |
| Plan de numeración del servicio telefónico internacional  | E.1100–E.1199      |
| <b>GESTIÓN DE LAS REDES</b>   |                    |
| Gestión de las redes internacionales  | E.4100–E.4199      |

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

## Recomendación UIT-T E.806

### Campañas de medición, sistemas de seguimiento y metodologías de muestreo para el seguimiento de la calidad de servicio en las redes móviles

#### Resumen

En la Recomendación UIT-T E.806 se describe un marco de referencia de prácticas óptimas para medir la calidad de servicio (QoS) en las redes móviles. Proporciona una visión general de alto nivel de las campañas de medición, de las características y requisitos de los sistemas de vigilancia, de las recomendaciones generales posteriores al tratamiento y las metodologías de muestreo para supervisar los servicios electrónicos móviles.

Esta Recomendación es neutra desde el punto de vista tecnológico, pero puede definir distintos requisitos en función de los servicios objeto de la medición.

#### Historia

| Edición | Recomendación | Aprobación | Comisión de Estudio | ID único*  |
|---------|---------------|------------|---------------------|--|
| 1.0     | ITU-T E.806   | 2019-06-29 | 12                  | <a href="http://11.1002/1000/13924">11.1002/1000/13924</a> |

#### Palabras clave

Campañas de medición, IFR, metodologías de muestreo, QoS, redes móviles, sistemas de seguimiento.

---

\* Para acceder a la Recomendación, sírvase digitar el URL <http://handle.itu.int/> en el campo de dirección del navegador, seguido por el identificador único de la Recomendación. Por ejemplo, <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>.

## PREFACIO

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

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

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

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

## NOTA

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

La observancia de esta Recomendación es voluntaria. Ahora bien, la Recomendación puede contener ciertas disposiciones obligatorias (para asegurar, por ejemplo, la aplicabilidad o la interoperabilidad), por lo que la observancia se consigue con el cumplimiento exacto y puntual de todas las disposiciones obligatorias. La obligatoriedad de un elemento preceptivo o requisito se expresa mediante las frases "tener que, haber de, hay que + infinitivo" o el verbo principal en tiempo futuro simple de mandato, en modo afirmativo o negativo. El hecho de que se utilice esta formulación no entraña que la observancia se imponga a ninguna de las partes.

## PROPIEDAD INTELECTUAL

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

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB en la dirección <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© UIT 2020

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

## ÍNDICE

|   | <b>Página</b> |
|---|---------------|
| 1 Alcance .....   | 1             |
| 2 Referencias .....   | 1             |
| 3 Definiciones.....   | 2             |
| 3.1    Términos definidos en otros documentos.....  | 2             |
| 3.2    Términos definidos en esta Recomendación .....   | 3             |
| 4 Abreviaturas y acrónimos .....  | 3             |
| 5 Convenciones.....   | 3             |
| 6 Campañas de medición para realizar el seguimiento de la calidad de servicio .....                               | 4             |
| 6.1    Entorno de medición.....   | 4             |
| 6.2    Métodos de medición .....  | 4             |
| 6.3    Directrices para medir parámetros de calidad de servicio en relación con<br>las redes móviles.....         | 7             |
| 7 Características y requisitos de los sistemas de seguimiento.....  | 12            |
| 8 Recomendaciones generales para el posprocesamiento .....  | 13            |
| 9 Métodos de muestreo.....  | 14            |
| Anexo A – Directrices estadísticas para obtener resultados representativos .....                                  | 15            |
| A.1    Muestras representativas para realizar el seguimiento de la calidad de<br>servicio a escala nacional ..... | 15            |
| A.2    Realización de pruebas mediante hipótesis .....  | 17            |
| Bibliografía .....  | 19            |



## Recomendación UIT-T E.806

### Campañas de medición, sistemas de seguimiento y metodologías de muestreo para el seguimiento de la calidad de servicio en las redes móviles

#### 1 Alcance

En esta Recomendación se describe un marco de referencia básico de prácticas óptimas para la medición de la calidad de servicio (QoS) en toda la industria, y se abarcan las campañas de medición de la QoS de la red móvil, las características y los requisitos de los sistemas de vigilancia, los escenarios de posprocesamiento, así como las metodologías de muestreo utilizadas por los organismos reguladores, los proveedores de equipos de prueba, las empresas que realizan mediciones de redes, los analistas de datos y los proveedores de servicios para realizar el seguimiento de la QoS a nivel nacional.

#### 2 Referencias

Las siguientes Recomendaciones del UIT-T y otras referencias contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y otras referencias son objeto de revisiones por lo que se preconiza que los usuarios de esta Recomendación investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y otras referencias citadas a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes. En esta Recomendación, la referencia a un documento, en tanto que autónomo, no le otorga el rango de una Recomendación

- [UIT-T E.802]            Recomendación UIT-T E.802 (2007), *Marco y metodologías para la determinación y aplicación de parámetros de QoS.*
- [UIT-T E.804]            Recomendación UIT-T E.804 (2014), *Aspectos relativos a la calidad de servicio para los servicios más utilizados en las redes móviles.*
- [UIT-T E.807]            Recomendación UIT-T E.807 (2014), *Definiciones, métodos de medición asociados y metas de orientación de los parámetros centrados en el usuario para gestionar llamadas en el servicio móvil celular de voz.*
- [UIT-T E.840]            Recomendación UIT-T E.840 (2018), *Marco estadístico de referencia para la puntuación y calificación de la calidad de funcionamiento de la red de extremo a extremo.*
- [UIT-T G.1031]           Recomendación UIT-T G.1031 (2014), *Factores de calidad percibida en la navegación por la web.*
- [UIT-T P.863.1]           Recomendación UIT-T P.863.1 (2019), *Guía para la aplicación de la Recomendación UIT-T P.863.*
- [UIT-T P.1401]           Recomendación UIT-T P.1401 (2012), *Métodos, medición y procedimientos para la evaluación, calificación y comparación estadística de los modelos de predicción de la calidad objetiva.*
- [UIT-T Y.1540]           Recomendación UIT-T Y.1540 (2016), *Servicio de comunicación de datos con protocolo Internet Parámetros de calidad de funcionamiento relativos a la disponibilidad y a la transferencia de paquetes del protocolo Internet*
- [UIT-T Y.1545.1]        Recomendación UIT-T Y.1545.1 (2017), *Marco para el seguimiento de la calidad de servicio de los servicios de red IP.*

- [ETSI TR 125 942] Informe Técnico del ETSI 125 942, V15.0.0 (2018), *Universal mobile telecommunications system (UMTS); Radio frequency (RF) system scenarios*.
- [ETSI TR 138 900] Informe Técnico del ETSI 138 900, V15.0.0 (2018), *LTE; 5G; Study on channel model for frequency spectrum above 6 GHz*.
- [IETF RFC 7799] IETF RFC 7799 (2016), *Active and passive metrics and methods (with hybrid types in-between)*.

### 3 Definiciones

#### 3.1 Términos definidos en otros documentos

En la presente Recomendación se utilizan los siguientes términos definidos en otros documentos:

**3.1.1 parte A** [UIT-T E.804]: parte iniciadora de una conexión (también originación móvil, MO) o, en las transacciones directas, la parte iniciadora de la transacción (parte llamante).

NOTA – En las transacciones almacenar y transmitir, la parte que envía el contenido.

**3.1.2 parte B** [UIT-T E.804]: en las transacciones directas, la terminación o contraparte de una transacción.

NOTA – En las transacciones almacenar y transmitir, la parte que recibe el contenido.

**3.1.3 coeficiente de confianza; nivel de confianza** [b-UIT-T E.800]: valor de la probabilidad asociada con un intervalo de confianza o un intervalo de tolerancia estadística.

**3.1.4 descarga** [UIT-T E.800]: transferencia de datos o programas de un servidor o computador anfitrión al computador o dispositivo del usuario.

**3.1.5 calidad de extremo a extremo** [b-UIT-T E.800]: calidad relacionada con el funcionamiento de un sistema de comunicaciones, incluidos todos los equipos terminales.

**3.1.6 unidad** [b-UIT-T E.800]: unidad mediante la cual puede expresarse un parámetro.

**3.1.7 operador de red** [UIT-T E.804]: organización que proporciona una red para la prestación de un servicio público de telecomunicaciones.

**3.1.8 calidad de funcionamiento de la red** [b-UIT-T E.800]: aptitud de una red o parte de la red para ofrecer las funciones correspondientes a las comunicaciones entre usuarios.

**3.1.9 prueba** [UIT-T Y.1545.1]: es una herramienta de prueba de extremo que utiliza paquetes de prueba para recopilar mediciones.

**3.1.10 calidad de servicio (QoS)** [b-UIT-T E.800]: la totalidad de las características de un servicio de telecomunicaciones que determinan su capacidad para satisfacer las necesidades explícitas e implícitas del usuario del servicio.

**3.1.11 difusión (en servicios multimedios)** [UIT-T E.800]: datos multimedios (generalmente, combinaciones de voz, texto, vídeo y audio) que se transfieren en trenes de paquetes y que un software de aplicación interpreta y entrega a medida que llegan los paquetes.

NOTA 1 – La difusión es una técnica para la transferencia de datos multimedios.

NOTA 2 – La difusión es una técnica para la transferencia de datos multimedios.



## 3.2 Términos definidos en esta Recomendación

En esta Recomendación se definen los siguientes términos:

**3.2.1 recopilación de datos de fuentes múltiples (*crowdsourced data collection*):** método para compilar mediciones de calidad de servicio activas o pasivas procedentes de un gran número de dispositivos de usuario final.

**3.2.2 realización de pruebas con vehículos en movimiento (*drive testing*):** método de prueba que utiliza vehículos equipados con equipo de red para probar dispositivos.

**3.2.3 sistema de seguimiento:** herramienta o equipo capaz de realizar una evaluación de la calidad de funcionamiento de la red.

**3.2.4 usuario de sistema de seguimiento:** un usuario que puede ser un organismo regulador, un vendedor de equipos de prueba, una empresa que proporciona mediciones de red, un analista de datos o un proveedor de servicio.

**3.2.5 medios de realización de pruebas no atendidos (*unattended probe*):** sistema de seguimiento móvil o fijo gestionado a distancia (teléfono inteligente, dispositivo de sim único, dispositivo de sim dual, dispositivo de sim virtual) que puede instalarse en localizaciones exteriores o interiores, o en vehículos.

**3.2.6 realización de pruebas ambulante (*walk testing*):** método de prueba que utiliza un dispositivo, equipo de prueba portátil, que se emplea normalmente cuando no pueden emplearse vehículos.

## 4 Abreviaturas y acrónimos

En esta Recomendación se utilizan las abreviaturas y los acrónimos siguientes:

2G Segunda generación

3G Tercera generación

4G Cuarta generación

BS Estación de base (*base station*)

BTS Estación transceptora de base (*base transceiver station*)

GIS Sistema de información geográfica (*geographic information system*)

GPS Sistema de posicionamiento global (*global positioning system*)

HTTP Protocolo de transferencia de hipertexto (*hypertext transfer protocol*)

IFR Indicador fundamental de rendimiento

MMS Servicio de mensajería multimedios (*multimedia messaging service*)

MNO Operador de red móvil (*mobile network operator*)

OMC Campaña de medición en exteriores (*outdoor measurement campaign*)

QoS Calidad de servicio

SINR Relación señal-ruido más interferencia (*signal to interference plus noise ratio*)

SMS Servicio de mensaje corto (*short message service*)

UPS Sistema de alimentación ininterrumpida (*uninterruptible power supply*)

## 5 Convenciones

Ninguna.

## **6 Campañas de medición para realizar el seguimiento de la calidad de servicio**

Las campañas de medición de la QoS tienen como finalidad reunir información para caracterizar la calidad de servicio de las redes móviles en términos de indicadores fundamentales de rendimiento (IFR), realizar evaluaciones comparativas y evaluar la conformidad con los compromisos de la legislación vigente.

El alcance previsto de las mediciones de la calidad del servicio en relación con la cobertura geográfica, el marco temporal y la frecuencia de las pruebas depende principalmente del propósito de la campaña de medición y del entorno de medición.

### **6.1 Entorno de medición**

En el caso de las redes móviles, los entornos de medición pueden dividirse en dos categorías principales: interiores y exteriores. Las mediciones pueden incluir tanto interiores como exteriores, escenarios estacionarios y móviles, cubriendo así los diferentes entornos en los que los usuarios finales utilizan su servicio móvil. En la actualidad, existe una elevada tasa de tráfico móvil generado por los entornos interiores; por lo tanto, es aconsejable medir el rendimiento de la calidad de servicio en interiores, además de en exteriores.

#### **6.1.1 Pruebas en interiores**

Las siguientes metodologías recomendadas pueden ayudar al usuario del sistema de seguimiento a identificar la situación de la QoS en interiores:

- realización de pruebas ambulante;
- medios de realización de pruebas no atendidos;
- recopilación de datos de fuentes múltiples.

#### **6.1.2 Pruebas en exteriores**

Las siguientes metodologías recomendadas pueden ayudar al usuario del sistema de seguimiento a identificar la situación de la QoS en exteriores:

- pruebas con vehículos en movimiento/ambulantes;
- medios de realización de pruebas no atendidos;
- recopilación de datos de fuentes múltiples.

En la cláusula 6.2 se facilita una descripción de alto nivel de los cuatro métodos de medición diferentes que puede aplicar un usuario de sistema de seguimiento para las pruebas en interiores y en exteriores.

## **6.2 Métodos de medición**

### **6.2.1 Realización de pruebas ambulante**

Lugares como estaciones de tren, plataformas de trenes subterráneos, aeropuertos, estadios deportivos, centros comerciales, campus universitarios y zonas peatonales se están convirtiendo en puntos de acceso para la comunicación inalámbrica. En las mediciones en exteriores, la realización de pruebas ambulante se emplea normalmente cuando no pueden utilizarse los vehículos. Los equipos de prueba portátiles y de dispositivos múltiples constituyen una forma conveniente de trabajar cuando se realizan evaluaciones comparativas de múltiples operadores o se prueba la cobertura de múltiples servicios y tecnologías de acceso radioeléctrico.

Sin embargo, las campañas de medición de pruebas ambulantes tienen algunas limitaciones en cuanto al número de muestras, el operador de red móvil (MNO) y el servicio, debido a parámetros físicos como las dimensiones espaciales, el peso del equipo y los requisitos técnicos, como el aislamiento de la antena, que en última instancia pueden influir en la resolución de las muestras. Se recomienda

adoptar las siguientes medidas antes de iniciar una medición por medio de la realización de pruebas ambulante:

- 1) Dibujar planos de los diseños de los edificios, en el caso de una ubicación en el interior.
- 2) Programar y redactar una lista de puntos o ubicaciones concretas.
- 3) El tamaño de la muestra objetivo por servicio o MNO depende de la cantidad de teléfonos inteligentes que puede acomodar el equipo. Sin embargo, el tamaño y la distribución de la muestra deben elegirse en función, entre otras cosas, del tipo de variable que se esté considerando y de la representación estadística a la que se esté apuntando. Por ejemplo, la cobertura de un área más amplia o la medición a lo largo de un periodo más prolongado podrían proporcionar resultados más representativos desde el punto de vista estadístico. Véanse las referencias en el Anexo A y [UIT-T E.840].
- 4) Adoptar y aplicar un procedimiento rutinario general para comprobar el funcionamiento de los equipos o los programas informáticos.
- 5) Estudiar la posibilidad de disponer de una unidad de control portátil ligera para informar acerca de los resultados o la situación del equipo de medición en tiempo real.
- 6) Debería bloquearse la opción de selección automática de red y activarse la opción de conexión a la red.

### **6.2.2 Realización de pruebas con vehículos en movimiento**

Las campañas de realización de pruebas de medición con vehículos en movimiento implican procedimientos de programación previa para cumplir el objetivo y el alcance de la campaña. Los servicios estudiados, la distribución demográfica y factores socioeconómicos pueden imponer diferentes parámetros de diseño de la campaña. Básicamente, para que una campaña de realización de pruebas con vehículos en movimiento tenga éxito es preciso considerar un tamaño de muestra tal que los datos medidos sean representativos de la población de la región objeto del estudio.

Para llevar a cabo una campaña de pruebas con vehículos en movimiento, los usuarios del sistema de seguimiento deben tener presentes las siguientes recomendaciones:

- 1) El tamaño de la muestra debe escogerse de manera que los resultados sean representativos del comportamiento de las redes móviles en el área de estudio. Para ello, los usuarios del sistema de seguimiento deben definir una metodología de muestreo. Pueden encontrarse referencias en el Anexo A y en [UIT-T E.802].
- 2) Para la planificación se requiere una cobertura radioeléctrica inicial del MNO/de la tecnología.
- 3) Las antenas utilizadas para llevar a cabo las mediciones deben instalarse a la altura media de una persona.
- 4) En el caso de mediciones del regulador para el establecimiento de referencias básicas, las mediciones deben efectuarse aleatoriamente de manera simultánea para todas las tecnologías de acceso y para todos los MNO.
- 5) Deben establecerse perfiles de medición (pueden encontrarse referencias técnicas en [UIT-T E.804]).
- 6) Las rutas deben cubrir áreas con actividad humana, evitando la repetición de rutas si se utiliza la realización de pruebas con vehículos en movimiento para definir los IFR para una zona amplia.
- 7) Para los servicios que se evalúan en movimiento, la velocidad del vehículo debe fijarse teniendo en cuenta que un dispositivo puede estar ubicado en un punto fijo mientras que otro dispositivo estará en movimiento.
- 8) Debería bloquearse la opción de selección automática de red y activarse la opción de conexión a la red.

- 9) Debe estudiarse la distribución demográfica de la región objeto del estudio antes de la campaña a fin de garantizar que:
  - a) la muestra recogida pueda tener en cuenta las concentraciones residenciales y comerciales;
  - b) puedan considerarse factores de desarrollo de las subregiones.
- 10) Debe darse preferencia a los días laborables y a los intervalos de prueba diurnos.

### **6.2.3 Medios de realización de pruebas no atendidos**

Las pruebas no atendidas pueden proporcionar resultados de calidad de servicio casi en tiempo real e histórica de extremo a extremo, y pueden utilizarse para recolectar datos granulares que pueden contribuir a detectar las degradaciones de la calidad de servicio. Se aconseja a los usuarios del sistema de seguimiento que tengan presentes las siguientes recomendaciones prácticas y conceptuales para desarrollar una campaña de medición basada en la realización de pruebas:

- 1) Los medios de realización de pruebas no atendidos deben instalarse de manera segura en lugares o vehículos escogidos con suministro de energía; la elección de dichos lugares o vehículos depende del objetivo de medición.
- 2) Los medios de realización de pruebas no atendidos en el interior deben instalarse en lugares con condiciones de cobertura radioeléctrica adecuados e incluir la utilización intensiva de la red. En función del alcance de la medición, puede tratarse de un lugar con la mejor cobertura posible si se realiza el seguimiento de la cresta de calidad de funcionamiento. Si los medios de realización de pruebas no atendidos están destinados a realizar el seguimiento de la cobertura radioeléctrica mínima, puede considerarse un lugar con condiciones de cobertura que no sean las óptimas.
- 3) Todos los medios de realización de pruebas no atendidos deben funcionar en conexión con un sistema de posicionamiento global (GPS) (u otro sistema de navegación por satélite apropiado).
- 4) El número de medios de realización de pruebas no atendidos por lugar objeto de estudio depende de los requisitos de muestreo, el número de servicios u operadores que han de evaluarse, la densidad de usuarios y los eventos que tienen lugar (conciertos, deportes, torneos, etc.).

Sabiendo que el uso de la red puede cambiar drásticamente en lugares de alta actividad humana, se recomienda a los usuarios de los sistemas de vigilancia que, para atender a la necesidad de utilizar eficientemente sus recursos de medición, utilicen medios de realización de pruebas no atendidos que puedan ser activados a distancia una vez que un lugar se considere como un punto de actividad crítico.

### **6.2.4 Recopilación de datos de fuentes múltiples**

Las campañas de recopilación de datos de fuentes múltiples pueden utilizarse para obtener datos de medición de la calidad de servicio que sólo pueden ser útiles si se reúne un número de muestras representativo de los diferentes usuarios finales. Para obtener una visión más precisa de los resultados, pueden comprobarse las condiciones ambientales usando dispositivos de usuario final habilitados para recibir y transmitir datos. Se recomienda que los resultados de las mediciones sólo se utilicen para establecer conclusiones cuando sean representativos a efectos del objetivo de medición de que se trate. Es preciso tener en cuenta las limitaciones en materia de carencia de datos. Las soluciones de recopilación de datos de fuentes múltiples deben cumplir la normativa nacional en materia de protección de datos, y garantizar que no se hace un uso indebido de los datos personales.

La frecuencia de la recogida de muestras puede ser continua, a diferencia de la recogida de muestras de calidad de servicio convencional (recogida simulada), por lo que las mediciones de fuentes múltiples pueden ser una fuente de mediciones ininterrumpidas de la calidad de servicio.

La recopilación de datos de fuentes múltiples puede clasificarse en general en dos categorías, las mediciones activas y las mediciones pasivas (véase [IETF RFC 7799]):

NOTA – Las fuentes alternativas de recopilación de información continua sobre la calidad de servicio de la red se examinan en [UIT-T E.804]. Según el marco jurídico de cada país, los organismos reguladores pueden tener acceso a la información de los contadores de la calidad de servicio de la red. De conformidad con la legislación de protección de datos y cuando ambas partes así lo deseen, puede que los operadores y los reguladores quieran concertar acuerdos de no divulgación acordes con lo anterior.

#### **6.2.4.1 Mediciones activas**

Las mediciones de datos activas suelen ser típicamente las pruebas de velocidad de datos y pruebas específicas para aplicaciones que son iniciadas o determinadas por el usuario final. La medición de enfoque activo crea un tráfico artificial para determinar la capacidad de la red/aplicación.

Cuando se mide la capacidad, la aptitud o el rendimiento de la red mediante un enfoque activo de múltiples fuentes, se recomienda a los usuarios de los sistemas de vigilancia que realicen mediciones de la calidad del servicio mediante guiones programados automatizados para servidores específicos situados dentro y fuera de la red (por ejemplo, en el punto de intercambio de Internet más cercano). Además, debe considerarse la posibilidad de prever el ancho de banda disponible en los servidores y enlaces para evitar que las mediciones se vean afectadas negativamente por la degradación atribuida a los servidores o enlaces de prueba.

Además, en el caso de la aplicación de fuentes múltiples desarrollada por el organismo regulador que puede integrarse con la SIM del operador o con una aplicación descargable independiente, es importante evitar programar al mismo tiempo las medidas de todos los usuarios finales para evitar posibles congestiones.

#### **6.2.4.2 Mediciones pasivas**

Las mediciones de datos pasivas pueden ser específicas de la aplicación o independientes de la aplicación y no requieren ninguna forma de intervención del usuario final. Las mediciones pasivas no inyectan tráfico artificial o carga útil de prueba en la red y tienen por objeto medir la calidad de servicio en función de la actividad de los usuarios finales.

Este enfoque elimina la dependencia de los servidores y enlaces y puede aprovechar la popularidad de las aplicaciones móviles anfitrionas (por ejemplo, la aplicación de transporte, la aplicación gubernamental, la aplicación del MNO) para proporcionar una distribución geográfica representativa de los puntos de datos de medición.

Se recomienda que los usuarios de los sistemas de seguimiento estudien la posibilidad de tomar más muestras (usuarios finales), pero a partir de identificadores únicos, ya que éstos proporcionan a los usuarios de los sistemas de vigilancia una mayor precisión de los datos de la red.

### **6.3 Directrices para medir parámetros de calidad de servicio en relación con las redes móviles**

En esta sección se ofrecen más detalles sobre las campañas de medición para el seguimiento de algunos parámetros pertinentes. Los parámetros aquí enumerados pueden medirse mediante cualquiera de las metodologías descritas en la cláusula 6.2 y deben considerarse únicamente como ejemplos; pueden encontrarse más referencias en [UIT-T E.804].

#### **6.3.1 Cobertura radioeléctrica**

Las mediciones de la cobertura consisten en tomar el nivel de la señal recibida en una posición geográfica determinada por separado para cada tecnología de red de acceso radioeléctrico. Estas mediciones se realizan automáticamente utilizando un escáner de frecuencias

Se aconseja a los organismos reguladores que tengan en cuenta los mapas de cobertura de la zona objetivo utilizando los datos de los MNO presentados, adquiridos o generados antes de la campaña

de pruebas. Los mapas de cobertura reflejan el área donde los MNO proporcionan servicio. En este sentido, un organismo regulador puede utilizarlos para planificar una campaña de medición y seleccionar las zonas de interés. Por ejemplo, el organismo regulador puede optar por medir las zonas que tienen los mayores índices de quejas o, para hacer una comparación, seleccionar las zonas donde todos los MNO tienen cobertura. Los mapas de cobertura también pueden ser validados durante las campañas de medición. En el caso de las redes 4G y superiores, la cobertura de servicio es otro parámetro pertinente que hay que medir. Las referencias para las metodologías de medición de la cobertura y la cobertura de servicio pueden encontrarse en [b-ECC Informe 103], [b-ECC Informe 256], [b-ECC Informe 118], [b-ECC Informe 231] y [b-ECC Rec. (12) 03].

El usuario de un sistema de seguimiento puede aplicar diferentes enfoques para representar y visualizar la cobertura de la red móvil. En las cláusulas 6.3.1.1 y 6.3.1.2 se describen dos enfoques que pueden utilizarse independientemente o combinarse en función de las necesidades del usuario del sistema de seguimiento y de la información disponible.

#### **6.3.1.1 Metodología de medición de la modelización teórica o analítica**

Este método se basa principalmente en la formulación de cálculos matemáticos y estadísticos basados en herramientas de simulación para predecir la cobertura y la calidad de funcionamiento de la red. Algunos de los parámetros que intervienen en tales mediciones incluyen el emplazamiento de la estación base (BS), la relación señal-ruido más interferencia (SINR), la potencia de la BS, el umbral SINR de servicio, la atenuación de las señales para la cobertura en interiores y la información o sensibilidad de la antena por servicio.

Un usuario de sistema de seguimiento podría utilizar esos modelos si se dispone de información sobre la infraestructura del MNO, y deberían utilizarse únicamente como referencia, ya que se basan en predicciones estadísticas. Para más información sobre los modelos de propagación, véase [ETSI TR 125 942], [ETSI TR 138 900] y las referencias en ellos.

#### **6.3.1.2 Sistemas de información geográfica**

Un sistema de información geográfica (GIS) permite un análisis de cartografía y espacial avanzado para visualizar información geográfica en un mapa. Con este tipo de herramienta, es posible integrar diferentes tipos de capas de datos utilizando la localización espacial, como es el caso de los mapas de servicio de cobertura del MNO. Estas capas de información pueden ser:

- capa de la estación transceptora de base (BTS) para el MNO;
- resultados finales (muestras a escala) de las mediciones de la QoS;
- cobertura específica o indicador de red a partir del sistema de fuentes múltiples;
- capas de población y administrativa;
- capas de terreno y elevación.

Además, la capa generada por el GIS puede compartirse con facilidad a través de sitios web y es accesible a través de navegadores web, teléfonos móviles y tabletas.

Por este motivo, es aconsejable que los usuarios del sistema de seguimiento tengan acceso a mapas de cobertura compatibles con las herramientas del GIS para proporcionar una información clara y completa a los usuarios finales y para que la información se presente de manera clara, amena y comprensible.

Al utilizar sistemas GIS, el usuario del sistema de seguimiento puede realizar diferentes análisis para determinar, por ejemplo, las regiones geográficas que deben medirse, planificar las rutas para la realización de pruebas con vehículos en movimiento y realizar análisis de cobertura de la población. Se ofrecen ejemplos de análisis GIS en [b-ECC Informe 103], [b-ECC Informe 256], [b-ECC Informe 118], [b-ECC Informe 231] y [b-ECC Rec (12) 03].

Un sistema GIS debería ser capaz de realizar la unión, la intersección, la superposición y la definición de áreas (puntos, polígonos), generar mapas térmicos y mapas temáticos. Además, debería permitir realizar análisis de cuadrículas con diferentes resoluciones para caracterizar las regiones geográficas, mostrar la variabilidad de un IFR y permitir el análisis de mapas de población y de ocupación del suelo.

### 6.3.2 Medición de llamadas de voz

Las mediciones de los servicios de voz incluyen el lanzamiento de una serie de intentos de llamada para la selección automática de tecnologías radioeléctricas de acceso. Los intentos de llamada se generan a partir de distintos escenarios, pueden ser de móvil a móvil, de fijo a móvil, o de móvil a fijo. Debe escogerse una muestra apropiada para las mediciones de voz en función del escenario. Puede encontrarse más información en [UIT-T P.863.1] y [UIT-T E.807].

El escenario temporal de la Figura 1 para realizar una prueba de llamada de voz activa es tan sólo un ejemplo y no fija especificaciones. Además de las características de la red radioeléctrica, los parámetros de intervalo de tiempo asociados y la ventana de tiempo de prueba total afectarán al número total de muestras adquiridas.

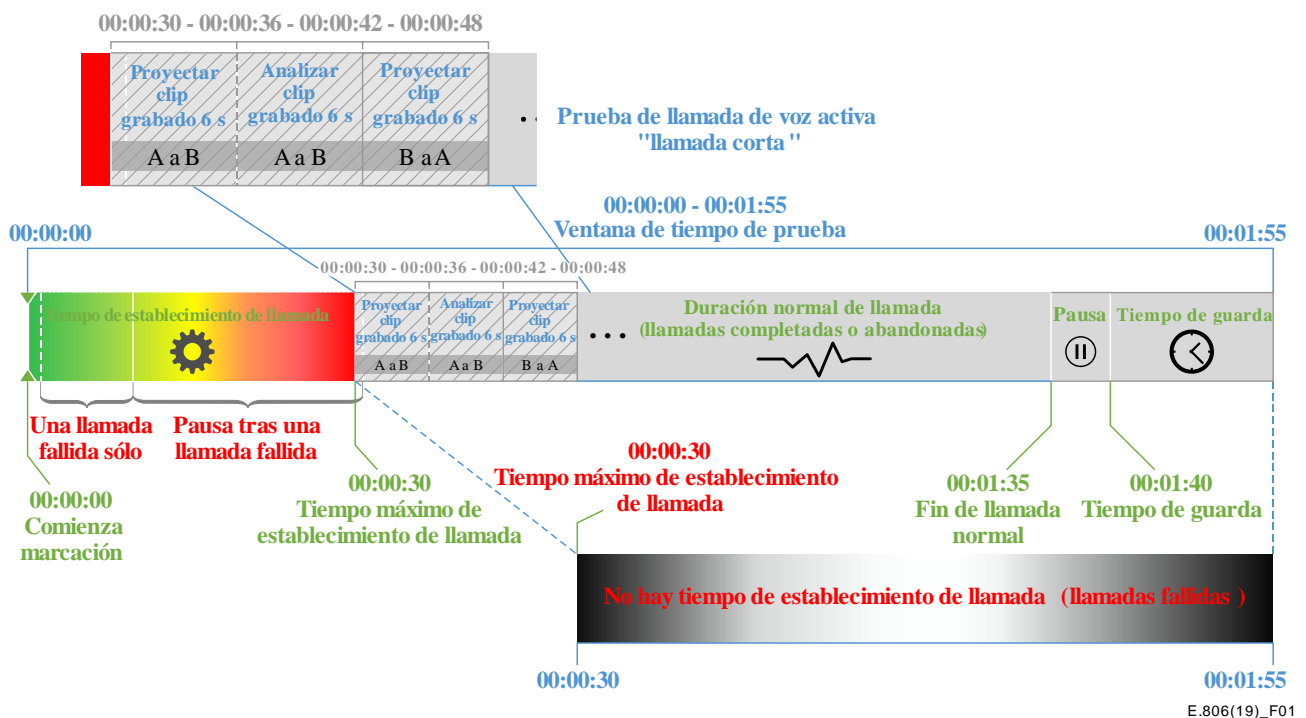


Figura 1 – Cronología para las mediciones de llamadas

El escenario descrito representa un ejemplo de un procedimiento de prueba de llamada de voz; si bien la duración normal de la llamada puede variar en función del propósito de la prueba (llamada corta, llamada larga), casi todas las demás propiedades son las mismas para cada caso analizado durante la prueba de medición.

Además, deben tenerse en cuenta las características específicas del comportamiento propio de cada país, ya que puede influir en el diseño del escenario; por ejemplo, si estadísticamente el tiempo medio de llamada del país A es de 2 min, mientras que el del país B es de 4 min, los minutos de uso por llamada perdida serían mayores.

Antes de comenzar la prueba, la parte llamante (A) comienza a marcar la parte llamada preconfigurada (B), en ese caso se permite una ventana de duración fija como tiempo máximo de establecimiento de llamada para establecer una conexión con la parte B, en la que la prueba espera a que la parte B responda a la llamada de prueba. Si la parte B no responde o la parte llamante tiene

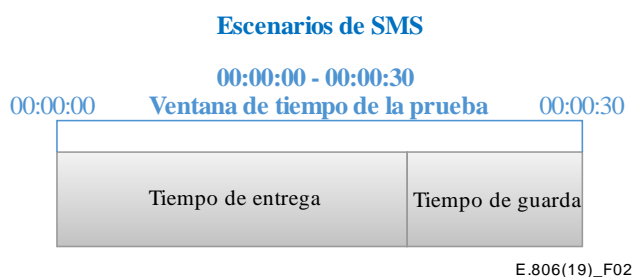
problemas durante la fase de establecimiento de la llamada de prueba, el procedimiento de llamada de prueba entra en el "tiempo de establecimiento de no llamada", en el que la llamada de prueba se marcará como una "llamada fallida".

### 6.3.3 Medición de mensajes cortos y multimedios

Las mediciones del servicio de mensaje corto (SMS) y del servicio de mensajes multimedios (MMS) pueden efectuarse sin forzar al equipo móvil terminal a una tecnología de acceso concreta, con el fin de simular un escenario similar a cuando el equipo móvil terminal del usuario final está cambiando continuamente de tecnología de acceso.

Las mediciones consisten en el envío de un SMS, con un número de caracteres alfanuméricos y un tamaño fijos para el MMS, desde un medio de realización de pruebas móvil que simula un abonado móvil a un medio de realización de pruebas fijo que simula otro abonado móvil perteneciente al mismo operador. El SMS/MMS se considera recibido si el plazo de entrega es inferior al tiempo máximo establecido.

En la Figura 2 se muestra un diagrama cronológico para una medición de SMS.



**Figura 2 – Cronología para las mediciones del servicio de mensaje corto**

Las mediciones tanto del servicio de voz como de SMS/MMS pueden hacerse de forma simultánea para gestionar mejor los recursos de tiempo.

### 6.3.4 Medición de datos de banda ancha

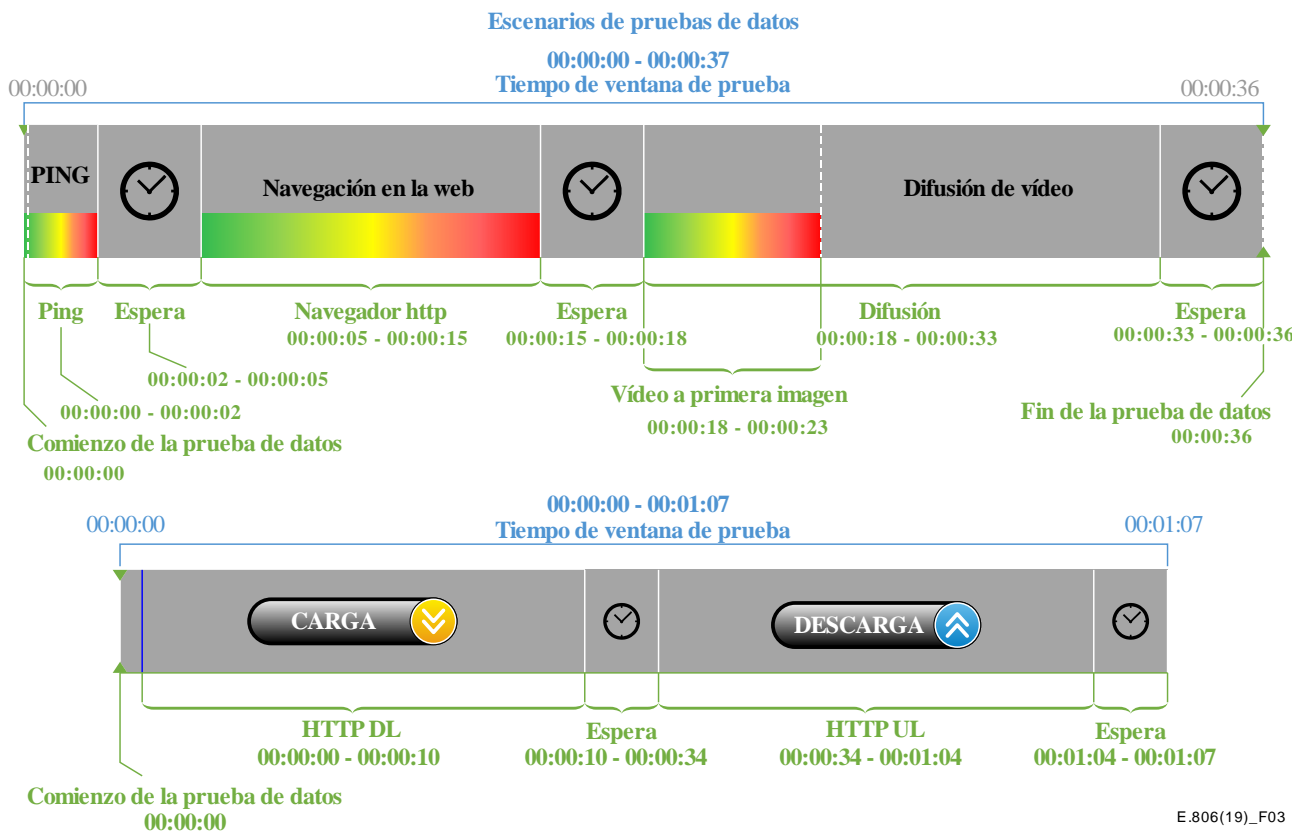
Deben equilibrarse las campañas de medición de datos de banda ancha en diferentes sistemas de seguimiento para reducir la trama de la ventana de prueba y aumentar el número de muestras; esto permitirá una mayor cobertura de la zona del mapa de pruebas.

La configuración de los escenarios dependerá de la aplicación de servicio que se esté midiendo. En la Figura 3 se muestra un ejemplo de un diagrama cronológico para la evaluación de los servicios de datos. Se puede encontrar más información en [UIT-T Y.1540], [UIT-T Y.1545.1].

NOTA – Cuando las mediciones implican recursos de servidor, equipos de usuario o medios de realización de pruebas no atendidos específicos, o múltiples redes para llegar al contenido o servidor de prueba deseado, su contribución a los resultados no puede distinguirse de la calidad de funcionamiento de la red móvil. Véase la cláusula 6 de [UIT-T G.1031] para una lista de ejemplos de dichos factores de influencia que contribuyen a los resultados.

Las cláusulas 6.3.4.1 a 6.3.4.3 son ejemplos de mediciones de datos de banda ancha.





**Figura 3 – Ejemplo de mediciones de datos de banda ancha**

### 6.3.4.1 Medición de la navegación en la web

Las mediciones relacionadas con la navegación en la web pueden caracterizarse, entre otras cosas, midiendo la calidad de funcionamiento de la navegación en términos de tiempo de carga de la página y la tasa de éxito general de la descarga de la página. Las pruebas de navegación en la web, con una duración media fija, se lanzan desde un equipo móvil o un medio de realización de pruebas que simula un abonado móvil en una situación estática o móvil a un conjunto predeterminado de sitios web recomendados. Los intentos de acceso se distribuyen aleatoriamente entre los diferentes sitios objeto de la prueba.

### 6.3.4.2 Medición de la transferencia de archivos

Las mediciones de transferencia de ficheros consisten en el envío y la recepción de ficheros de un tamaño fijo para los canales de enlace ascendente y descendente entre dispositivos móviles o un medio de realización de pruebas que simula un abonado móvil en una ubicación fija y un servidor con recursos dedicados a esta medición. Pueden medirse IFR tales como la tasa de éxito de la sesión de descarga, el tiempo medio de carga o el tiempo medio de descarga (con límites en el tiempo permitido para completar la carga y la descarga).

### 6.3.4.3 Medición de la difusión de audio o vídeo

Para los servicios de difusión de audio o vídeo, la tasa de éxito del acceso a un conjunto de archivos de audio y de vídeo alojados en servidores de difusión puede medirse por medio del promedio de pruebas de duración fija que se inician a partir de un medio de realización de pruebas que simula un abonado móvil en una ubicación fija a una serie predeterminada de servidores de difusión. Además, la duración inicial de carga de vídeo, la frecuencia y duración de los eventos de detención de la reproducción, y puede utilizarse el caudal global como indicadores para la calidad de funcionamiento de la difusión.

Los intentos de acceso se atribuyen aleatoriamente entre los distintos servidores probados.

## 7 Características y requisitos de los sistemas de seguimiento

Los sistemas de seguimiento deberían poder realizar una evaluación del modo en que la degradación de la calidad de funcionamiento de la red afecta a la calidad del servicio al usuario final. Por lo tanto, da una indicación de la calidad de funcionamiento de la cobertura de la red, la capacidad y la calidad de servicio de extremo a extremo.

Las siguientes características de los sistemas de seguimiento se aplican a todas las metodologías de medición descritas en la cláusula 6.2, a menos que se indique lo contrario, excepto para la recopilación de datos de fuentes múltiples.

- 1) Capacidad de ejecutar mediciones simultáneas en todas las tecnologías de acceso.
- 2) Capacidad de ejecutar mediciones simultáneas, por ejemplo, voz, SMS y datos, si se requiere.
- 3) Debería ser posible realizar las mediciones en movimiento, en lugares estáticos o combinando ambas modalidades.
- 4) Debería almacenar automáticamente los datos de las mediciones y debería contar con un almacenamiento externo adicional para la copia de seguridad.
- 5) Debería tener un GPS (u otro sistema global de navegación por satélite adecuado) para identificar y registrar la ubicación geográfica y la velocidad para cada medición.
- 6) Debe mantenerse en condiciones óptimas de funcionamiento mediante programas de mantenimiento en los que se tengan en cuenta todos los requisitos reglamentarios de certificación aplicables. Por ejemplo, el equipo de escáner debe ser calibrado. La validez de la calibración debería mantenerse durante toda la campaña de medición.
- 7) Las antenas deben colocarse a una distancia apropiada para evitar interferencias.
- 8) Debería ser capaz de ejecutar mediciones para todas las tecnologías de acceso y, por lo tanto, actualizarse para satisfacer las necesidades de la evolución tecnológica.
- 9) Debería permitir la configuración y reutilización de las plantillas de secuencias de medición.
- 10) Debe utilizar equipos móviles certificados similares a los que los usuarios finales compran habitualmente en las tiendas de los MNO.
- 11) Debería dar soporte a códecs de voz para todas las tecnologías de acceso.
- 12) Debería ser capaz de emitir alarmas visuales o sonoras para avisar de cualquier fallo en el equipo de medición; las mediciones realizadas durante este escenario deberían descartarse.
- 13) El equipo de medición debe ofrecer una característica, ya sea como funcionalidad añadida o por medio de un equipo adicional, para registrar el día, la hora y la posición georreferenciada de cada medición.
- 14) Es conveniente que el equipo de medición permita registrar, como mínimo, el inicio y el final de la campaña de medición, las interrupciones, los fallos de los equipos y las situaciones extraordinarias como la concentración de usuarios finales atípicos, el vandalismo, las interferencias o los desastres naturales.
- 15) Debe registrarse cualquier situación que pudiera afectar a los resultados y no sea atribuible al MNO.
- 16) Todas las actividades registradas por el equipo de medición, mencionadas anteriormente, deben correlacionarse con los archivos de registro y las mediciones realizadas durante esos intervalos de tiempo y deben descartarse durante la etapa de posprocesamiento.
- 17) Los sistemas de seguimiento deben generar archivos de registro cifrados.
- 18) Los medios de realización de pruebas no atendidos deben estar equipados con una función de autocontrol (por ejemplo, sensores de temperatura o nivel de suministro eléctrico suficiente) para detectar las condiciones de funcionamiento no habituales. Debería

procederse al posprocesamiento correspondiente para garantizar la calidad de los datos y para detectar y excluir datos parásitos.

- 19) Los medios de realización de pruebas no atendidos deben ser robustos contra la pérdida de la fuente de alimentación externa, por ejemplo, tener un amortiguador de la fuente de alimentación para garantizar procesos de apagado seguros y procesos de encendido fiables. Si los medios de realización de pruebas no atendidos no pueden hacer frente a estas situaciones, se debe considerar un sistema de alimentación ininterrumpida (UPS) para asegurar condiciones de funcionamiento estables. Esto es crítico para evitar la generación de corrupción de los archivos de registro.
- 20) Dependiendo de la forma en que se transfieran los datos medidos (por ejemplo, a través de la red objeto del seguimiento), y del tipo de información que se espera crear, los medios de realización de pruebas no atendidos y la infraestructura de soporte proporcionarán una funcionalidad de seguimiento adecuada. Por ejemplo, los medios de realización de pruebas no atendidos pueden configurarse para transmitir regularmente los datos medidos, o enviar informes de estado a intervalos regulares, con procesos de soporte que generen alarmas si esa información se retrasa o si los datos medidos indican que los parámetros de red seleccionados están fuera de los márgenes predefinidos.

NOTA – Es preciso seguir estudiando las características de los sistemas de seguimiento de la recopilación de datos de fuentes múltiples.

## **8 Recomendaciones generales para el posprocesamiento**

El primer paso en el procesamiento posterior de los resultados es determinar el límite de cobertura radioeléctrica para el que se considera que se presta el servicio electrónico de una red de comunicaciones móviles. Este límite debe fijarse por separado para cada tecnología (por ejemplo, 2G, 3G, 4G). Estos límites determinarán las pruebas que se tendrán en cuenta al exportar los resultados finales. Además, deben establecerse normas sobre cuándo debe tenerse en cuenta una medición en los resultados. Esas reglas son, por ejemplo, si durante una medición hay un periodo de tiempo que no cumple el límite de cobertura radioeléctrica, de cuánto tiempo debe ser ese periodo para que la prueba se tenga en cuenta en los resultados.

Todos los usuarios de los sistemas de seguimiento deberían aplicar las siguientes recomendaciones generales durante las acciones de posprocesamiento para todas las metodologías de medición:

- 1) A fin de examinar los acontecimientos ocurridos durante las mediciones, debe tenerse en cuenta la información de señalización. Después de procesar los resultados de las mediciones se deben considerar y gestionar todos los archivos de registro obtenidos durante la campaña de medición. Se recomienda tener en cuenta todos los errores de software. El número final de mediciones recogidas en la campaña de medición tendrá un impacto en la estimación de error de los resultados. La estimación de error puede calcularse en función del tamaño de la muestra. Si es más grande de lo deseado, se recomienda repetir la campaña de medición para la zona objetivo. En el Anexo A y en [UIT-T E.802], [UIT-T E.840] y [UIT-T P.1401] se proporciona más información.
- 2) Los usuarios de los sistemas de seguimiento que realizan mediciones de la calidad del servicio deben comprobar la integridad de los datos de las mediciones y depurar los datos. Las muestras atípicas pueden generarse por muchas razones, por ejemplo, alarmas de equipo debido a fallos o mal funcionamiento del equipo o del software, actualización de elementos de la red, incidentes o mantenimiento.
- 3) Todos los archivos de registro recopilados a partir del equipo de realización de pruebas deben ser revisados si faltan archivos o hay archivos corrompidos.
- 4) Resulta esencial establecer el umbral porcentual aceptado para las muestras falsas o falsificadas recogidas en una campaña de medición. Salvo en el caso de los métodos de

recopilación de datos de fuentes múltiples, es importante determinar la necesidad de repetir la medición para mantener la exactitud e integridad de los resultados.

## **9 Métodos de muestreo**

Las mediciones pueden distribuirse entre escenarios en interiores y en exteriores, dependiendo de la densidad de abonados o del comportamiento de cada mercado de telecomunicaciones. El número de mediciones debe determinarse de manera que la precisión estadística relativa sea inferior al valor máximo establecido y para un nivel de confianza de por lo menos el 95%. Se proporciona más información en [UIT-T E.802].

Una metodología en dos pasos que puede utilizarse para obtener muestras representativas implica la estratificación y el muestreo aleatorio simple.

La estratificación puede utilizarse para calcular el número de zonas geográficas (por ejemplo, ciudades, municipios o distritos) que deben cubrirse durante una campaña de medición para obtener resultados que representen la calidad de servicio de la red a nivel nacional. En este sentido, la estratificación es una herramienta útil para obtener resultados representativos cuando no es posible medir una zona grande (por ejemplo, países grandes).

A continuación, puede utilizarse el muestreo aleatorio simple para calcular el número de mediciones que deben realizarse en cada una de las zonas geográficas seleccionadas mediante métodos de muestreo. En el Anexo A se dan más detalles al respecto.

Es importante tener en cuenta los resultados obtenidos en cada campaña de medición para deducir el comportamiento de la red en términos de calidad de funcionamiento. A partir de estos resultados se pueden calcular los valores medios y la desviación típica y utilizarlos junto con fórmulas estadísticas para controlar los parámetros de calidad de servicio.

Para realizar mediciones en una zona extensa, se aconseja a los usuarios del sistema de seguimiento que dividan la zona base en partes, y que asignen un peso a cada una de ellas de acuerdo con criterios que determinen dónde resulta más conveniente realizar un mayor número de mediciones, dependiendo del propósito de la campaña de medición. Algunos ejemplos de criterios son la demografía, la densidad de las telecomunicaciones, la densidad del tráfico y la densidad de los usuarios finales; para definir estos criterios, es muy aconsejable que los usuarios del sistema de vigilancia obtengan datos actualizados de una fuente oficial.

La publicación de los resultados en términos de referencias para la calidad de funcionamiento queda fuera del alcance de esta Recomendación; sin embargo, en [UIT-T E.840] se puede encontrar un marco estadístico destinado a puntuar y clasificar la calidad de funcionamiento de la red.

## Anexo A

### Directrices estadísticas para obtener resultados representativos

(El presente anexo forma parte integrante de la presente Recomendación.)

El usuario de un sistema de seguimiento puede obtener resultados representativos de los resultados en términos de calidad del servicio de la red sobre la base de un muestreo aplicado durante las campañas de medición junto con el uso de la inferencia estadística siguiendo un procedimiento basado en la prueba de distintas hipótesis.

#### A.1 Muestras representativas para realizar el seguimiento de la calidad de servicio a escala nacional

El enfoque de modelización estadística recomendado para un usuario de un sistema de seguimiento que quiera controlar la calidad del servicio a nivel nacional mediante campañas de medición en exteriores (OMC) se basa en un modelo de dos pasos:

- muestreo aleatorio estratificado;
- muestreo aleatorio simple.

El primer paso se utiliza para seleccionar las zonas geográficas que se han de medir en el país (en este contexto, puede entenderse por zona geográfica ciudades, municipios, pueblos o carreteras), mientras que el segundo paso determina el tamaño de la muestra para cada zona seleccionada en el primer paso, por ejemplo, cuántas llamadas de voz se realizan en una ciudad. Es posible escoger la distribución de las mediciones dentro de cada zona en función del propósito de la medición, por ejemplo, las mediciones pueden distribuirse uniformemente si no se necesita una diferenciación, o pueden ponderarse para dar más importancia a las zonas urbanas.

##### A.1.1 Muestreo aleatorio estratificado

Desde el punto de vista estadístico, se recurre a la estratificación para reducir el límite del error de estimación respecto del que se produciría si solamente se tomara una simple muestra aleatoria del mismo tamaño. Al realizar el seguimiento de la calidad de servicio, la estratificación es una herramienta que puede utilizarse para reducir el número de regiones que se han de medir y seguir obteniendo resultados representativos, por ejemplo, no sería posible recorrer países de gran extensión geográfica, por lo que la zona puede dividirse en grupos (estratos) y medir una muestra de cada grupo.

En este sentido, la estratificación permite la distribución de las zonas geográficas en grupos o estratos homogéneos o diferentes. Los grupos se definen sobre la base de las características comunes al grupo y tienen una influencia directa sobre el IFR que se está midiendo. Ejemplos de estratos homogéneos son, entre otros, las zonas geográficas (ciudades o pueblos) con densidad de población o de estaciones de base, demanda de tráfico, niveles de interferencia, distancia entre emplazamientos, etc. similares. A continuación, los estratos se construyen seleccionando grupos no superpuestos de las regiones geográficas del país (por ejemplo, si los estratos se eligen de acuerdo con la densidad de población, las localidades del país pueden clasificarse en urbanas o rurales, y cada localidad se asigna a un solo grupo, es decir, una localidad no puede ser urbana y rural al mismo tiempo). Por último, las zonas geográficas de cada estrato que se vaya a medir deben seleccionarse al azar para garantizar la validez de los resultados.

A continuación se presentan fórmulas estadísticas para el muestreo por estratificación, incluido un ejemplo de localidades urbanas y rurales de un país.

El número de zonas geográficas que se medirán durante una campaña puede obtenerse mediante la siguiente fórmula (número de localidades de un país que se van a medir):

$$n = \frac{(\sum_{i=1}^L N_i \sigma_i)^2}{N^2 D + \sum_{i=1}^L N_i \sigma_i^2}$$

donde:

$L$  es el número total de estratos (grupos utilizados para dividir el país; en el caso de clasificación en urbano y rural,  $L = 2$ );

$\sigma_i$  es la desviación típica esperada para el estrato  $i$ ;

$N_i$  es el número de zonas geográficas en cada estrato (número de localidades clasificadas como urbanas o rurales);

$N$  es el número total de zonas geográficas (número total de localidades de un país);

$D = \frac{B^2}{4}$  donde  $B$  es el límite del error de estimación

$$n_i = n \left( \frac{N_i \sigma_i}{\sum_{i=1}^L N_i \sigma_i} \right) \quad i = 1, 2, 3$$

donde:

$n_i$  es el número de zonas geográficas que han de medirse en el estrato  $i$  (para  $i = 1$  (urbano),  $n_i$  sería el número de localidades urbanas que han de medirse);

$n$  es el número total de zonas geográficas que han de medirse (número de localidades urbanas y rurales que han de medirse).

### A.1.2 Muestreo aleatorio simple

Después de seleccionar el número de zonas geográficas del país que se han de medir, el segundo paso consiste en un muestreo aleatorio simple para determinar el tamaño de la muestra para cada una de las regiones geográficas previamente seleccionadas, es decir, cuántas llamadas de voz, mediciones de datos o SMS se han de hacer o enviar.

Durante el segundo paso de la modelización estadística, se utiliza un muestreo aleatorio simple a fin de definir el número de eventos necesarios para medir un determinado IFR con un nivel de confianza y un error de estimación definidos.

Si el parámetro objeto de estudio es un valor medio, el tamaño de la muestra se calcula como sigue:

$$m_i = \frac{z_{1-\alpha/2}^2}{a^2} \cdot \left( \frac{\sigma_i}{\bar{x}_i} \right)^2$$

donde:

$m_i$  es el tamaño de la muestra para el estrato  $i$ ;

$z_{1-\alpha/2}$  es el percentil  $1 - \alpha/2$  de una distribución normal estándar;

$1 - \alpha$  es el nivel de confianza;

$a$  es el límite del error de estimación;

$\bar{x}_i$  es el valor medio del parámetro de observación en el estrato  $i$ ;

$\sigma_i$  y  $\bar{x}_i$  se calculan a partir de campañas de medición anteriores.

Si el parámetro objeto de estudio es una proporción, el tamaño de la muestra para cada IFR debe calcularse utilizando la siguiente fórmula:

$$n \geq \frac{k^2 * P * (1 - P)}{d^2}$$

donde:

$n$  es el tamaño de la muestra;

$k$  es el nivel de confianza;

$P$  es el valor de proporción objetivo (umbral para el IFR objeto de estudio);

$d$  es el error de estimación máximo aceptable (diferencia entre el valor  $P$  real y su estimación  $p$ ).

Para cada estrato, pueden obtenerse la desviación típica  $\sigma_i$  y el valor medio  $\bar{x}_i$  correspondiente al estrato  $i$  obtenidos a partir de la campaña de medición como sigue:

$$\sigma_i^2 = \frac{\sum_{k=1}^{n_i} (x_k - \bar{x}_i)^2}{n_i - 1}$$

$$\bar{x}_i = \frac{\sum_{k=1}^{n_i} x_k}{n_i}$$

$$x_k = \frac{\sum_{j=1}^{m_i} p_j}{m_i}$$

donde:

$\sigma_i^2$  es la varianza para el parámetro sometido a observación en el estrato  $i$ ;

$x_k$  es el valor medio para cada una de las  $n_i$  muestras correspondientes al estrato  $i$ ;

$P_j$  es el valor para la medición  $i$  en la muestra de tamaño  $m_i$ .

A fin de determinar si el operador alcanza cierto umbral, se recomienda utilizar la prueba mediante hipótesis sobre la base de los resultados de medición para todos los estratos.

## A.2 Realización de pruebas mediante hipótesis

La realización de pruebas mediante hipótesis es una herramienta de inferencia estadística para determinar si los resultados obtenidos a partir de la muestra seleccionada son significativos desde un punto de vista estadístico, que implica que el MNO sigue un umbral mínimo de QoS.

Para aplicar la realización de pruebas mediante hipótesis, se determinan la desviación media y típica de los valores ponderados de los resultados de la campaña de medición:

Se define una ponderación sobre la base de la población de cada estrato  $N_i$ , respecto de la población total  $N$ :

$$w_i = N_i / N$$

Se obtienen los valores ponderados de la desviación media y típica para el IFR sobre la base de los valores medios de cada estrato  $i$  mediante:

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^L w_i \bar{x}_i$$

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^L w_i^2 \sigma_{\bar{x}_i}^2$$

Tras calcular la desviación media y típica para los resultados de la medición, el primer paso de la prueba mediante hipótesis es definir una hipótesis nula y una hipótesis alternativa. A continuación, una prueba estadística de hipótesis determina si la hipótesis nula es correcta con cierta probabilidad o si se acepta la hipótesis alternativa.

Teniendo en cuenta los resultados de la medición, la prueba mediante hipótesis puede realizarse sobre la base del valor medio total y el umbral del IFR que se ha establecido. La hipótesis nula ( $H_0$ ) afirma que el MNO sigue el umbral mínimo del IFR ( $\mu$ ), mientras que la hipótesis alternativa ( $H_a$ ) afirma que el MNO no cumple dicho umbral. La prueba estadística mediante hipótesis tiene un nivel de importancia de  $\alpha$ .

Así, las hipótesis pueden expresarse como:

$$H_0: x_{st} \geq \mu$$

$$H_a: x_{st} < \mu$$

Sobre la base de los datos de las muestras de mediciones obtenidas a partir de la campaña de medición, la prueba estadística mediante hipótesis puede determinar si la hipótesis nula debe aceptarse o rechazarse.

Se facilita a continuación un ejemplo de la manera de aplicar la realización de pruebas mediante hipótesis cuando los umbrales de IFR son fijados por un organismo regulador en forma de proporciones. Para más información y referencias sobre las distintas métricas y procedimientos para la evaluación estadística, véanse [UIT-T E.840], [UIT-T P.1401] y las referencias que contienen.

La decisión se toma comparando la estadística de prueba ( $x_{st}$ ), que puede calcularse a partir de un valor crítico  $z_{1-\alpha}$ :

$$x_{st} = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma}$$

donde:

$\mu$  es el umbral del IFR fijado por el organismo regulador (valor medio);

$$X = \frac{p_{st} - p}{\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}}$$

donde:

$p$  es el umbral del IFR fijado por el organismo regulador (proporción);

$z_{1-\alpha}$  es el valor de  $z$  que corresponde a una distribución normal estándar con un nivel de importancia de  $\alpha$ ;

$n$  es el número total de muestras obtenidas a partir de las campañas de medición para cada parámetro de QoS y teniendo en cuenta todos los estratos.

Por último, si la prueba estadística ( $x_{st}$ ) es mayor que o igual al valor crítico  $z_{1-\alpha}$ , entonces, desde el punto de vista estadístico, no hay información suficiente para rechazar la hipótesis nula con un nivel de importancia de  $\alpha$  (lo cual significa que el MNO cumple con el umbral establecido por el organismo regulador y que no debe imponerse ninguna sanción); en otro caso, la hipótesis nula se rechaza y se acepta la hipótesis alternativa (el MNO no cumple con el umbral del organismo regulador).



## Bibliografía

- [b-UIT-T E.800] Recomendación UIT-T E.800 (2008), *Definiciones de términos relativos a la calidad de servicio.*
- [b-ECC Report 103] Comité de Comunicaciones Electrónicas de la Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (CEPT), Informe 103 (2007), *UMTS coverage measurements.*
- [b-ECC Report 256] Comité de Comunicaciones Electrónicas de la Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (CEPT), Informe 256 (2016), *LTE coverage measurements.*
- [b-ECC Report 118] Comité de Comunicaciones Electrónicas de la Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (CEPT), Informe 118 (2008), *Monitoring methodology to assess the performance of GSM networks.*
- [b-ECC Report 231] Comité de Comunicaciones Electrónicas de la Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (CEPT), Informe 231 (2015), *Mobile coverage obligations.*
- [b-ECC Rec. (12) 03] Comité de Comunicaciones Electrónicas de la Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (CEPT), Recomendación (12) 03 (2013), *Determination of the radiated power through field strength measurements in the frequency range from 400 MHz to 6000 MHz.*





## SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

|                |   |
|----------------|---|
| Serie A        | Organización del trabajo del UIT-T  |
| Serie D        | Principios de tarificación y contabilidad y cuestiones económicas y políticas de las telecomunicaciones/TIC internacionales   |
| <b>Serie E</b> | <b>Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos</b>  |
| 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        | Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedia   |
| Serie K        | Protección contra las interferencias  |
| Serie L        | Medio ambiente y TIC, cambio climático, ciberdesechos, eficiencia energética, construcción, instalación y protección de los cables y demás elementos de planta exterior |
| Serie M        | Gestión de las telecomunicaciones, incluida la RGT y el mantenimiento de redes  |
| Serie N        | Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión  |
| Serie O        | Especificaciones de los aparatos de medida  |
| Serie P        | Calidad de la transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes de líneas locales   |
| Serie Q        | Conmutación y señalización, y mediciones y pruebas asociadas  |
| 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, comunicaciones de sistemas abiertos y seguridad   |
| Serie Y        | Infraestructura mundial de la información, aspectos del protocolo Internet, redes de próxima generación, Internet de las cosas y ciudades inteligentes                  |
| Serie Z        | Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación  |