

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

E.812

Enmienda 1
(09/2020)

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 – Modelos para los servicios de
telecomunicación

Enfoque de externalización masiva para la
evaluación de la calidad de servicio de extremo a
extremo en las redes de banda ancha fija y móvil

Enmienda 1

Recomendación UIT-T E.812 (2020) – Enmienda 1

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE E

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

EXPLOTACIÓN DE LAS RELACIONES INTERNACIONALES	
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
DISPOSICIONES OPERACIONALES RELATIVAS A LA TASACIÓN Y A LA CONTABILIDAD EN EL SERVICIO TELEFÓNICO INTERNACIONAL	
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
UTILIZACIÓN DE LA RED TELEFÓNICA INTERNACIONAL PARA APLICACIONES NO TELEFÓNICAS	
Generalidades	E.300–E.319
Telefotografía	E.320–E.329
DISPOSICIONES DE LA RDSI RELATIVAS A LOS USUARIOS	
PLAN DE ENCAMINAMIENTO INTERNACIONAL	
GESTIÓN DE RED	
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
INGENIERÍA DE TRÁFICO	
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
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	E.800–E.809
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
OTROS	
EXPLOTACIÓN DE LAS RELACIONES INTERNACIONALES	
Plan de numeración del servicio telefónico internacional	E.1100–E.1199
GESTIÓN DE LAS REDES	
Gestión de las redes internacionales	E.4100–E.4199

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

Recomendación UIT-T E.812

Enfoque de externalización masiva para la evaluación de la calidad de servicio de extremo a extremo en las redes de banda ancha fija y móvil

Enmienda 1

Resumen

Los equipos de usuario extremo, los equipos en los locales del cliente y su correspondiente software han evolucionado y son ahora más rápidos, potentes y capaces de recabar datos, lo que permite recurrir a la externalización masiva a fin de aumentar la cantidad de parámetros técnicos que pueden recabarse de los usuarios extremos sin modificar el hardware y el software existentes.

Es cada vez más frecuente que los reguladores y proveedores de servicios recurran a la externalización masiva para evaluar la calidad de servicio (QoS) de extremo a extremo. Sin embargo, la evaluación a partir de datos obtenidos de la externalización masiva puede efectuarse de muy diversas maneras y distintos enfoques ofrecen distintas perspectivas de la QoS.

En la Recomendación UIT-T E.812 se esbozan los distintos enfoques de externalización masiva empleados para evaluar la QoS de extremo a extremo en redes de banda ancha tanto fijas como móviles.

En la Enmienda 1 de la Recomendación UIT-T E.812 se introducen el Apéndice II (Casos de uso del enfoque de externalización masiva) y el Apéndice III (Externalización masiva de la banda ancha fija en la práctica).

Historia

Edición	Recomendación	Aprobación	Comisión de Estudio	ID único*
1.0	ITU-T E.812	2020-05-29	12	11.1002/1000/14272
1.1	ITU-T E.812 (2020) Amd. 1	2020-09-11	12	11.1002/1000/14489

Palabras clave

Banda ancha fija, evaluación, externalización masiva, recopilación de datos, red móvil, QoS.

* 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 la existencia de propiedad intelectual, protegida por patente o derecho de autor, que puede ser necesaria para implementar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los implementadores que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar las correspondientes bases de datos del UIT T disponibles en el sitio web del UIT T en <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© UIT 2021

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

ÍNDICE

	Página
1 Alcance	1
2 Referencias	1
3 Definiciones	1
3.1 Términos definidos en otros documentos	1
3.2 Términos definidos en esta Recomendación	2
4 Abreviaturas y acrónimos	2
5 Convenios	3
6 Presentación	3
7 Características técnicas y requisitos de los distintos tipos de obtención de datos por externalización masiva	4
7.1 Tipos de obtención de datos por externalización masiva	4
7.2 Métodos para iniciar la obtención de datos por externalización masiva	7
7.3 Requisitos para la obtención de datos por externalización masiva	10
8 Opciones de configuración	14
8.1 Dispositivo de obtención de datos	14
8.2 Servidores de pruebas	15
9 Directrices adicionales para los reguladores	18
Apéndice I – Ejemplo numérico de muestreo por estratificación para el servicio móvil	20
Apéndice II – Casos de uso del enfoque de externalización masiva	23
II.1 Ejemplos de posibles casos de uso	23
II.2 Ejemplos de indicadores de QoS y cálculo para las soluciones de externalización masiva	25
II.3 Ejemplos de reglas de procesamiento del filtrado de datos	27
Apéndice III – Aplicación práctica de la externalización masiva para la banda ancha fija	29
III.1 Normas para la obtención de datos de CPE	29
III.2 Suministro de herramientas de medición de usuario extremo	30
III.3 Despliegue masivo de sondas de hardware privado a los usuarios extremos	32
Bibliografía	33

Introducción

Los proveedores de servicios de telecomunicaciones generalmente necesitan evaluar la calidad de servicio de sus redes, pues así verifican si el servicio se entrega adecuadamente a los usuarios extremos. La evaluación de la QoS puede ser importante también desde la perspectiva del regulador, pues la mejora de la calidad suele ser un punto fundamental del programa reglamentario. Los datos recabados sobre la calidad pueden servir a los reguladores de guía para concienciar a los consumidores y fomentar mejoras de la infraestructura de red. Una de las etapas más importantes de la gestión de la calidad de las redes de telecomunicaciones es la definición e implementación de un enfoque de supervisión y evaluación de la calidad. Para ello hay muchas soluciones disponibles y todas ellas tienen sus ventajas e inconvenientes en términos de precisión, granularidad temporal y geográfica y costes.

La externalización masiva es uno de los métodos que pueden emplearse para supervisar y evaluar la QoS en las redes de banda ancha fijas y móviles. Básicamente consiste en recabar datos de una amplia base de usuarios extremos directamente del equipo de usuario extremo (por ejemplo, los dispositivos móviles o los equipos en los locales del cliente (CPE)). Hay, sin embargo, numerosos fabricantes que ofrecen este tipo de soluciones, que pueden ser muy distintas unas de otras. Las diferencias residen, entre otras cosas, en cómo se recaban los datos (a instancias del usuario extremo o sin su intervención) o en qué tipo de datos se obtienen (realización de pruebas de descarga o datos obtenidos de la utilización habitual del dispositivo/equipo). Los datos procedentes de la externalización masiva, recabados de múltiples redes de proveedores de servicios en el mismo mercado y con la misma metodología de obtención, serán mejores si los proveedores de servicio utilizan enfoques y metodologías de obtención de datos coherentes.

La externalización masiva permite aumentar notablemente la cantidad de datos obtenidos en comparación con los enfoques de evaluación de la QoS típicos (por ejemplo, pruebas en vehículos/a pie). Cuanto mayor es la cantidad de datos, mayores serán la fiabilidad y representatividad de los resultados obtenidos. Además, se mejora la utilización de los recursos y se permite a los países con una gran extensión geográfica utilizar al público para obtener los datos.

En esta Recomendación se identifican las ventajas, inconvenientes y precauciones que han de tenerse en cuenta a la hora de aplicar esos métodos de supervisión de la QoS.

Recomendación UIT-T E.812

Enfoque de externalización masiva para la evaluación de la calidad de servicio de extremo a extremo en las redes de banda ancha fija y móvil

Enmienda 1

Nota editorial: Este es el texto completo de la publicación. Las modificaciones introducidas en esta enmienda se muestran con marcas de revisión con respecto a la Recomendación UIT-T E.812 (2020).

1 Alcance

Esta Recomendación contempla la evaluación de la QoS de extremo a extremo del acceso a Internet fijo y móvil utilizando el enfoque de externalización masiva y consta de lo siguiente:

- Presentación del enfoque de externalización masiva para el acceso a Internet fijo y móvil.
- Características y requisitos de los distintos tipos de obtención de datos por externalización masiva.
- Hipótesis de aplicación.
- Directrices que pueden utilizar los reguladores, proveedores de servicios y fabricantes para la evaluación comparativa y la mejora de la red recurriendo al enfoque de externalización masiva.

2 Referencias

Las siguientes Recomendaciones UIT-T y demás referencias contienen disposiciones que, por referencia a las mismas en este texto, constituyen disposiciones de esta Recomendación. En la fecha de publicación, las ediciones citadas estaban en vigor. Todas las Recomendaciones y demás referencias están sujetas a revisión, por lo que se alienta a los usuarios de esta Recomendación a que consideren la posibilidad de aplicar la edición más reciente de las Recomendaciones y demás referencias que se indican a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T vigentes. La referencia a un documento en el marco de esta Recomendación no confiere al mismo, como documento autónomo, el rango de Recomendación.

[UIT-T E.800] Recomendación UIT-T E.800 (2008), *Definiciones de términos relativos a la calidad de servicio*.

[UIT-T E.806] Recomendación UIT-T E.806 (2019), *Campañas de medición, sistemas de seguimiento y metodologías de muestreo para el seguimiento de la calidad de servicio en las redes móviles*.

3 Definiciones

3.1 Términos definidos en otros documentos

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

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

3.1.2 latencia [b-UIT-T G.9961]: Tiempo que transcurre desde el instante en que se transmite el último bit de una trama a través del punto de referencia asignado de la pila del protocolo del transmisor hasta el instante en el que toda la trama llega al punto de referencia asignado de la pila del protocolo del receptor. Se supone que la latencia media y máxima se calculan a partir del

99-ésimo percentil de todas las mediciones de latencia. Si la retransmisión está activada para un flujo específico, el tiempo de retransmisión cuenta como parte de la latencia.

3.1.3 fluctuación de fase [b-UIT-T G.9961]: Medida de la variación de la latencia por encima y por debajo del valor de latencia medio. La fluctuación de fase máxima se define como la variación de latencia máxima por encima y por debajo del valor de latencia medio.

3.1.4 tasa de pérdida de paquetes de protocolo Internet (IPLR, *IP packet loss ratio*) [b-UIT-T Y.1540]: La tasa de pérdida de paquetes IP (IPLR) es la relación entre el total de resultados paquete IP perdido y el total de paquetes IP transmitidos en una población de interés.

3.1.5 externalización masiva [b-UIT-T P.912]: Obtención del servicio necesario a partir de un gran número de personas, muy probablemente pertenecientes a una comunidad en línea.

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

3.1.7 calidad de servicio [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.

3.1.8 recopilación de datos por externalización masiva [UIT-T E.806]: Método para compilar mediciones de calidad de servicio activas o pasivas procedentes de un gran número de dispositivos de usuario extremo.

3.2 Términos definidos en esta Recomendación

Ninguno.

4 Abreviaturas y acrónimos

En esta Recomendación se utilizan las siguientes abreviaturas y acrónimos:

API [Interfaz de programación de aplicaciones \(*Application Programming Interface*\)](#)

CPE Equipo en los locales del cliente (*Customer Premise Equipment*)

CPU Unidad central de procesamiento (*Central Processing Unit*)

GNSS Sistema mundial de navegación por satélite (*Global Navigation Satellite System*)

HTTPS Protocolo de transferencia de hipertexto seguro (*Hypertext Transfer Protocol Secure*)

IFR Indicador fundamental de rendimiento (*Key Performance Indicator*)

IoT Internet de las cosas (*Internet of Things*)

IP Protocolo Internet (*Internet Protocol*)

IXP Central Internet (*Internet Exchange Point*)

MCC Indicativo de país para el servicio móvil (*Mobile Country Code*)

MNC Indicativo de red para el servicio móvil (*Mobile Network Code*)

OTT Superpuestos (*Over-the-top*)

PdP Punto de presencia

PSI [Proveedor de servicio Internet](#)

QoS Calidad de servicio (*Quality of Service*)

RAM Memoria de acceso aleatorio (*Random-access Memory*)

RDC Red de distribución de contenido

RdI Rentabilidad de la inversión

RF Frecuencia radioeléctrica (*Radio Frequency*)

UDP Protocolo de datagrama de usuario (*User Datagram Protocol*)

5 **Convenios**

Ninguno.

6 **Presentación**

En el Anexo I a [b-UIT-T P.912] se define el término externalización masiva como la "obtención del servicio necesario a partir de un gran número de personas, muy probablemente pertenecientes a una comunidad en línea". Queda implícito entonces que la principal característica de la externalización masiva es la implicación de un gran número de personas. Este concepto puede aplicarse a muy distintos fines, como la obtención de financiación, la compartición de tareas o la puesta en común de resultados de pruebas de opinión.

En el contexto de la supervisión de la QoS de redes de banda ancha fijas y móviles, puede entenderse la externalización masiva como la recopilación de datos a partir de una amplia base de usuarios extremos con el objetivo de evaluar la QoS de la infraestructura de red utilizada a fin de responder a las necesidades de los usuarios. Esto puede hacerse con software y hardware que obtienen los datos de QoS directamente de los equipos en los locales del cliente (CPE, *customer premise equipment*) de los usuarios extremos (como los encaminadores) o de los dispositivos móviles (como tabletas y teléfonos inteligentes). En el caso de la banda ancha fija, el software integrado en el equipo en los locales del cliente, que normalmente facilita el proveedor de servicios, puede obtener la información relativa a la QoS. En los servicios móviles pueden obtenerse datos similares, por ejemplo, gracias a un software descargable en los dispositivos móviles.

De los CPE y los dispositivos móviles (denominados colectivamente en esta Recomendación "dispositivos de obtención de datos") puede obtenerse un amplio abanico de datos cuando se recurre a una externalización masiva útil para la evaluación de la QoS de las conexiones en banda ancha fijas y móviles. Entre esos datos se cuentan los siguientes:

- ubicación (por ejemplo, coordenadas GNSS);
- fecha y hora (por ejemplo, duración, etc.);
- proveedor de servicios (por ejemplo, redes propia y visitada en el caso móvil y proveedor de servicio Internet para la banda ancha fija);
- información de red (por ejemplo, nombre del punto de acceso, intensidad de la señal, información de célula);
- tipo de conexión (por ejemplo, Ethernet, Wi-Fi, 3G, 4G, 5G, etc.);
- información del dispositivo (por ejemplo, fabricante, modelo, etc.);
- utilización del dispositivo (por ejemplo, utilización de datos, utilización de la unidad central de procesamiento (CPU, *central processing unit*), nivel de batería, tráfico concurrente, etc.).

Los datos recabados pueden facilitar los indicadores de QoS pertinentes de las redes de banda ancha, como el caudal, la latencia, la fluctuación de fase, la pérdida de paquetes, etc. Se trata de parámetros básicos que caracterizan la calidad de funcionamiento de extremo a extremo y pueden utilizarse para inferir la calidad de servicio.

7 Características técnicas y requisitos de los distintos tipos de obtención de datos por externalización masiva

La obtención de datos por externalización masiva puede hacerse mediante mediciones activas o pasivas, como se indica en [UIT-T E.806]. El proceso de obtención de datos puede estar iniciado por el usuario extremo o de manera automática. Pueden escogerse distintas configuraciones para responder a distintas necesidades.

Las soluciones de externalización masiva pueden incluir mediciones activas y pasivas. Las soluciones híbridas pueden utilizar ambos tipos de medición.

7.1 Tipos de obtención de datos por externalización masiva

Cada método de obtención de datos presenta sus propias ventajas e inconvenientes, que se abordan en las cláusulas siguientes. Sin bien un indicador de QoS puede obtenerse con ambos métodos, cada uno de ellos dará cuenta de ese indicador de distinta manera. Por ejemplo, el caudal obtenido a partir de una medición activa puede acercarse más a la calidad de funcionamiento de la red, mientras que el caudal obtenido a partir de una medición pasiva puede reflejar mejor la utilización real de los usuarios extremos.

7.1.1 Mediciones activas

Los métodos de obtención de datos activos crean tráfico artificial para evaluar los parámetros de QoS de extremo a extremo, por ejemplo, transfiriendo intencionalmente un fichero para medir el caudal y probar la herramienta Ping, entre otras cosas. El método activo se ilustra en la Figura 1.

Las pruebas activas pueden estar específicamente diseñadas para saturar la red y obtener así una medida más precisa de la calidad de funcionamiento de extremo a extremo en el punto de prueba. Sin embargo, se ha de prestar atención al análisis de resultados para verificar su fiabilidad y representatividad. Para ello, en las cláusulas 7.3.1 y 7.3.2 se abordan el procesamiento adecuado y el análisis estadístico de los datos.

Cuando se mide la calidad de funcionamiento de extremo a extremo con pruebas activas pueden controlarse muchos factores, por ejemplo, la duración de la prueba, la ubicación del servidor de prueba, el número de flujos simultáneos, el tamaño de los paquetes, la tasa de muestreo e incluso el tipo de datos enviados (los encaminadores de red pueden no comprimir los datos aleatorios tan eficazmente como los textos, las imágenes o los vídeos).

Para medir la calidad de funcionamiento de extremo a extremo ascendente (es decir, la telecarga) puede diseñarse una prueba activa destinada a medir la cantidad de datos recibidos por el servidor de prueba y no sólo la cantidad de datos enviados por el dispositivo. Para medir la pérdida de paquetes puede diseñarse una prueba activa que compare el número de paquetes enviados con el número de paquetes recibidos por el servidor de prueba. Para medir el trayecto utilizado por la red (por ejemplo, para detectar diferencias entre los trayectos de telecarga y de descarga), sólo una prueba activa podrá generar los paquetes adecuados, recibir respuestas y recrear el trayecto utilizado (por ejemplo, utilizando herramientas como traceroute).

Se ha procurar identificar los casos en que una prueba activa no representará la calidad de funcionamiento de extremo a extremo. En los siguientes casos una prueba probablemente subestimaré la calidad de funcionamiento:

- Cuando otro proceso esté utilizando datos. Por ejemplo, si el usuario está emitiendo vídeo en flujo continuo mientras se realiza la prueba, el caudal que mide estará limitado.
- Cuando el sistema operativo del dispositivo deniegue el acceso a la red. Por lo general esto se hace para preservar la duración de la batería. En tal caso, es posible que la prueba no logre enviar dato alguno, pero ello no implicará un fallo de la red celular.

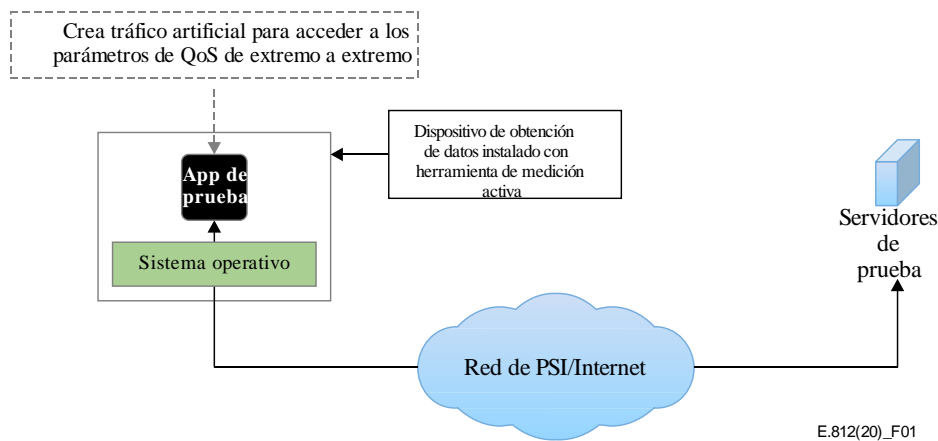


Figura 1 – Ejemplo de obtención de datos activa en redes móviles

a) Ventajas

A continuación, se destacan algunas de las ventajas de los métodos activos:

- Posible normalización de las pruebas activas.
- Las pruebas activas pueden realizarse a nivel de aplicación (por ejemplo, como aplicación, herramienta integrada, navegador web).
- Las pruebas activas pueden configurarse para emular el comportamiento de distintos servicios¹ que puede influir en los diferentes parámetros de QoS (por ejemplo, latencia, pérdida de paquetes).

b) Inconvenientes

Por otra parte, se han identificado algunos inconvenientes como los siguientes:

- Las pruebas activas utilizan recursos de la red (por ejemplo, añaden carga a una red muy utilizada al intentar alcanzar la calidad de funcionamiento de extremo a extremo máxima) y de los dispositivos de obtención de datos (por ejemplo, cuota de datos del usuario extremo, batería, memoria de acceso aleatorio (RAM, *radom-access memory*), etc.).
- En función del diseño de la medición puede aumentarse la utilización de datos en redes de mayor velocidad.
- No podrán realizarse las mediciones diseñadas para obtener el caudal máximo si hay otros procesos en el dispositivo que consumen recursos como la conexión de red, la CPU y la RAM.

Para contrarrestar estos inconvenientes, puede considerarse la posibilidad de utilizar las siguientes técnicas:

- La gratuidad de los datos utilizados en las pruebas que consumen datos del plan de datos de los usuarios eliminaría las inquietudes de los usuarios extremos acerca del consumo de datos, pero ha de aplicarse con precaución. Para ello se han de facilitar a los operadores de red detalles de las características de la prueba, como los servidores de prueba o la dirección IP, lo que puede llevarlos a manipular los resultados centrandos sus esfuerzos en mejorar los parámetros de QoS de la trayectoria de prueba. Sin embargo, pueden utilizarse herramientas estadísticas para analizar la representatividad y fiabilidad de los resultados. En la cláusula

¹ Ejemplo: el tráfico VoIP y de juegos en línea suele implicar la transmisión de pequeños paquetes UDP con un ancho de banda pequeño y bastante constante; la descarga de adjuntos de correo electrónico, de actualizaciones de sistemas y demás ficheros suele efectuarse utilizando el TCP y puede implicar paquetes de mayor tamaño y mucho más ancho de banda, posiblemente sólo limitado por la red.

7.3.1 se exponen las herramientas disponibles y se destacan los aspectos que se han de tener en cuenta para realizar este análisis.

- Pueden diseñarse mediciones de manera que las pruebas no consuman más datos en las redes más rápidas. Por ejemplo, es posible diseñar pruebas que emulan servicios específicos –como la difusión de vídeo en flujo directo (con un ancho de banda de 1-1,5 Mbit/s), los juegos en línea o el tráfico de voz (generalmente <100 Kbit/s)– para que su consumo de datos sea fijo. A título de ejemplo una prueba puede enviar un tren de 200 paquetes a un servidor con una velocidad binaria fija y recibir de vuelta esos mismos paquetes. Si se efectúa correctamente, esta prueba permite medir la latencia, la pérdida de paquetes, la fluctuación de fase y la velocidad de ráfaga. Sin embargo, los datos consumidos por la prueba serán idénticos independientemente de la velocidad de la red.
- Confiar en un grupo numeroso de usuarios extremos, cada uno de ellos realizando mediciones con escasa frecuencia. Con esta solución se ha de hallar un equilibrio entre la obtención de un número de pruebas por dispositivo que sea útil y evitar el consumo de demasiados recursos, lo que impediría que se alcance el número de usuarios necesario. Para dar flexibilidad se puede diseñar la estrategia de muestreo de la medición para poder configurarla de manera centralizada, lo que permitiría llegar a ese equilibrio.
- Seleccionar estratégicamente el momento de realización de las mediciones de caudal máximo, por ejemplo, ejecutando breves pruebas de caudal automáticas inmediatamente después del desbloqueo de la pantalla, antes de que los usuarios tengan tiempo de iniciar actividades que consumen muchos datos.
- Adoptar un enfoque híbrido (es decir, métodos activos y pasivos) para obtener una visión integral de la QoS de extremo a extremo.

7.1.2 Mediciones pasivas

Las mediciones de datos pasivas no inyectan tráfico artificial ni cargas útiles de prueba en la red para evaluar la QoS, sino que se comportan más como observadoras de los parámetros radioeléctricos y los datos transferidos por el usuario y obtienen información sobre el tráfico real. Este enfoque se ilustra en la Figura 2.

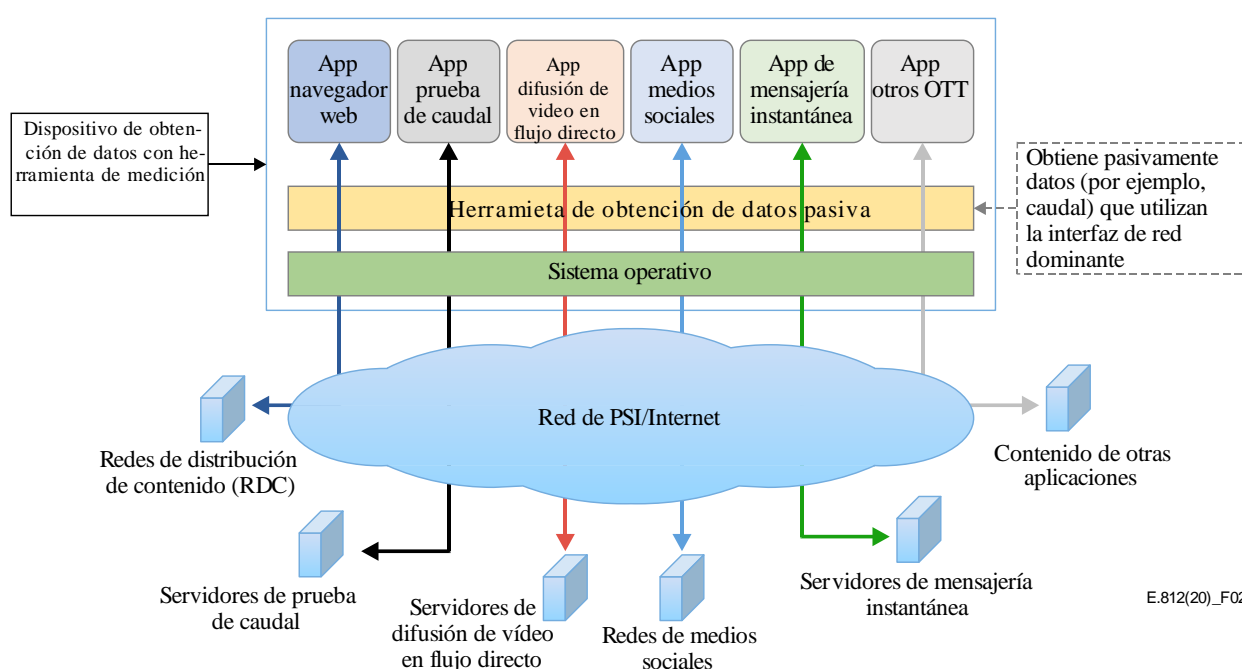


Figura 2 – Ejemplo de obtención de datos pasiva en redes móviles

E.812(20)_F02

Las mediciones de datos pasivas pueden diseñarse específicamente para ignorar las aplicaciones que generan tráfico por motivos de privacidad, por lo que resulta difícil determinar con precisión si las mediciones efectuadas son resultado de la aplicación, de la red o, incluso, del usuario extremo. Por consiguiente, la obtención pasiva de datos ofrece mediciones que representan la calidad de funcionamiento de extremo a extremo que experimentan los usuarios durante la utilización real en un momento dado.

Por ejemplo, cuando se mide pasivamente la calidad de funcionamiento de extremo a extremo, una prueba pasiva no puede determinar si la aplicación que genera el tráfico lo hace a su velocidad máxima. La aplicación puede estar enviando o recibiendo datos sólo cuando lo necesita (por ejemplo, los datos pueden estar en una memoria intermedia local), puede estar haciendo cálculos que retrasan una solicitud de red o puede haber acciones del usuario que afecten al tráfico (por ejemplo, el usuario puede haber puesto en pausa un flujo de vídeo).

Por consiguiente, al interpretar los resultados de las pruebas pasivas puede utilizarse información adicional, como la cantidad de datos transferidos, la condición de la red (por ejemplo, la intensidad de la señal en el caso de las redes móviles) y la agregación de los datos de externalización masiva obtenidos, para determinar más precisamente la calidad de extremo a extremo que experimentan los usuarios.

a) Ventajas

A continuación, se destacan algunas de las ventajas que ofrecen los métodos pasivos:

- La ejecución de las mediciones no consume datos adicionales, lo que implica que pueden recabarse más muestras por usuario extremo.
- No es necesario mantener un servidor de prueba para la transferencia de tráfico artificial.
- No se genera tráfico adicional en la red, por lo que es un método eficiente desde el punto de vista del tráfico.

b) Inconvenientes

Por otra parte, se han identificado los inconvenientes siguientes:

- Cada plataforma (por ejemplo, sistemas operativos, hardware, etc.) ofrece distintas capacidades para la medición pasiva, lo que dificulta la comparación entre plataformas.
- Con mediciones pasivas no es posible supervisar algunos indicadores de QoS (por ejemplo, la latencia o la pérdida de paquetes, o el caudal máximo constante entre el usuario extremo y el servidor).
- Si se recaban datos específicos de una aplicación, el método de obtención resulta intrusivo.

Para contrarrestar estos inconvenientes, puede considerarse la posibilidad de emplear las siguientes técnicas:

- Si no todas las plataformas permiten la realización de mediciones pasivas, es necesario evaluar si su exclusión afectaría notablemente a los resultados de indicadores de QoS.
- Adoptar un enfoque híbrido (es decir, métodos activos y pasivos) para obtener una visión integral de la QoS de extremo a extremo.
- Garantizar que los usuarios extremos conocen los tipos de datos que se recabarán y acceden a participar en la campaña de externalización masiva.

7.2 Métodos para iniciar la obtención de datos por externalización masiva

Cuando se necesita que el usuario extremo inicie voluntariamente la recopilación de los datos, las pruebas se consideran iniciadas por el usuario extremo. Por otra parte, si dicha recopilación se efectúa de manera planificada, respondiendo a reglas de inicio preestablecidas, se considera automática.

7.2.1 Mediciones iniciadas por el usuario extremo

Este método exige que el usuario extremo inicie la prueba, cuyos resultados normalmente facilita.

a) Ventajas

Este tipo de externalización masiva presenta las siguientes ventajas:

- Los usuarios extremos inician la prueba, lo que implica que dan su acuerdo a la obtención de datos durante el periodo de prueba, haciéndola más transparente.
- Que el inicio dependa del usuario extremo otorga a éste la opción de realizar más pruebas y de obtener datos durante periodos más largos, previo consentimiento, gracias a lo cual se puede obtener más información sobre la calidad de funcionamiento de extremo a extremo y sobre las condiciones de la medición (por ejemplo, la ubicación del dispositivo y su utilización).
- Los usuarios extremos controlan las condiciones en que se realizan las pruebas (es decir, ubicación del usuario extremo y condiciones de la red).
- Los usuarios extremos pueden evaluar la QoS de las redes y obtener los resultados de la prueba al final de la misma, lo que les permite conocer mejor el estado de la red durante ese periodo de tiempo.
- Las pruebas iniciadas por el usuario extremo permiten realizar encuestas que facilitan información adicional sobre la conexión a Internet del usuario o sus motivaciones para realizar la prueba.

b) Inconvenientes

Depender de los usuarios extremos para realizar las pruebas tiene los siguientes inconvenientes:

- Al depender de la interacción con el usuario extremo, el número de muestras recogidas puede ser mucho más bajo.
- Pueden introducirse sesgos, pues puede haber grupos específicos de usuarios extremos interesados en los resultados de la evaluación de la QoS. Por ejemplo, los usuarios extremos pueden tender a recabar datos cuando tienen dificultades para acceder a algunas aplicaciones. Otro posible sesgo atañe al de la hora del día en que se realiza la prueba, pues no hay una planificación.
- Se puede ejercer más fácilmente una influencia maligna sobre los datos obtenidos que con las pruebas automáticas, pues el usuario extremo tiene un mayor control sobre las condiciones en que se realiza la medición.
- Si se introducen encuestas, se ha de considerar detenidamente en qué punto realizarla y si se trata de una encuesta optativa o si es obligatoria para realizar la prueba. Plantear las preguntas una vez realizada la prueba puede hacer que las respuestas se vean influidas por los resultados obtenidos, pero plantearlas antes de la prueba, puede resultar desalentar a los usuarios o incitarlos a dar respuestas aleatorias, sobre todo si las preguntas se han de responder obligatoriamente.

7.2.2 Mediciones automáticas

La obtención de datos automatizada puede realizarse sin la intervención del usuario extremo, ya sea mediante una aplicación independiente o mediante soluciones integradas en otras aplicaciones o el hardware. Las pruebas pueden planificarse para realizarse periódicamente o en respuesta a determinados algoritmos o normas específicas.

a) Ventajas

A continuación, se indican algunas de las ventajas de este enfoque:

- Se pueden determinar los periodos o ubicaciones en que recabar los datos, gracias a lo cual se puede obtener un mayor número de muestras, facilitando así la validación estadística.

b) Inconvenientes

La obtención de datos automática puede conllevar los siguientes inconvenientes:

- Los usuarios extremos pueden no estar al tanto de que se están obteniendo datos.
- No todas las plataformas permiten realizar mediciones automatizadas en segundo plano.

Las pruebas iniciadas de manera autónoma dan más control a la entidad que las diseña, permitiendo determinar la frecuencia de las pruebas y la zona geográfica en que se realizan, cosa que no se puede conseguir cuando el inicio de las pruebas depende enteramente del usuario extremo.

En el Cuadro 1 se resumen las cláusulas 7.1 y 7.2.

Cuadro 1 – Ventajas e inconvenientes de los distintos tipos y métodos de inicio de obtención de datos por externalización masiva

		Métodos de inicio de obtención de datos por externalización masiva	
		Inicio por el usuario extremo	Automático
Tipos de obtención de datos por externalización masiva	Activos	<p><u>Ventajas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Parece más transparente – Aumenta los conocimientos del usuario – Posible normalización de pruebas activas – Multiplataforma – Configurable para emular el comportamiento de los servicios – Puede diseñarse para estimar la calidad de funcionamiento de extremo a extremo durante la prueba 	<p><u>Ventajas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Se puede obtener un mayor número de muestras – Posible normalización de pruebas activas – Multiplataforma – Configurable para emular el comportamiento de los servicios – Puede diseñarse para estimar la calidad de funcionamiento de extremo a extremo durante la prueba
		<p><u>Inconvenientes</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Se puede obtener un menor número de pruebas – Se pueden introducir sesgos – Utilización de recursos adicionales – Posible aumento del consumo de datos – Los resultados pueden estar influidos por el estado de los dispositivos de obtención de datos 	<p><u>Inconvenientes</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Parece menos transparente – En algunos casos no todas las plataformas los soportan – Utilización de recursos adicionales – Posible aumento del consumo de datos – Los resultados pueden estar influidos por el estado de los dispositivos de obtención de datos

Cuadro 1 – Ventajas e inconvenientes de los distintos tipos y métodos de inicio de obtención de datos por externalización masiva

		Métodos de inicio de obtención de datos por externalización masiva	
		Inicio por el usuario extremo	Automático
Pasivos	<u>Ventajas</u>	<ul style="list-style-type: none"> – Parece más transparente – Aumenta los conocimientos del usuario – Se puede obtener un mayor número de muestras – No necesita un servidor de pruebas – No congestiona la red – Da una indicación de la calidad de funcionamiento de extremo a extremo basada en la utilización real del usuario extremo 	<u>Ventajas</u> <ul style="list-style-type: none"> – Se puede obtener un mayor número de muestras – No necesita un servidor de pruebas – No congestiona la red – Da una indicación de la calidad de funcionamiento de extremo a extremo basada en la utilización real del usuario extremo
	<u>Inconvenientes</u>	<ul style="list-style-type: none"> – Se puede obtener un menor número de muestras – Se pueden introducir sesgos – En algunos casos no todas las plataformas los soportan – Se puede supervisar un número limitado de indicadores de QoS – Puede ser intrusivo 	<u>Inconvenientes</u> <ul style="list-style-type: none"> – Parece menos transparente – En algunos casos no todas las plataformas los soportan – Se puede supervisar un número limitado de indicadores de QoS – Puede ser intrusivo

7.3 Requisitos para la obtención de datos por externalización masiva

En esta cláusula se detallan los requisitos para las soluciones de externalización masiva, como los procedimientos de homologación, los métodos de muestreo y programación y las reglas de procesamiento de datos.

7.3.1 Muestreo y programación

En función de la capacidad de los servidores de prueba, del almacenamiento y de la programación, se pueden obtener datos de indicadores fundamentales de rendimiento (IFR) a partir de un amplio abanico de dispositivos de obtención de datos.

Para lograr la validación estadística es necesario calcular el número mínimo de muestras, habida cuenta de un error aceptable máximo predefinido, en función de la población y la correspondiente distribución de probabilidades (por ejemplo, gaussiana para las estimaciones medianas o binomial para las estimaciones proporcionales). En el Anexo A de [UIT-T E.806] pueden encontrarse referencias sobre la definición del tamaño de la muestra y la distribución geográfica de las muestras.

Además del número mínimo de muestras, todo plan de muestreo debe considerar la necesidad de evitar con certeza los resultados sesgados. Así, se recomienda que la entidad responsable de la obtención de los datos verifique si el origen geográfico de los datos es estadísticamente coherente con la distribución de la población objetivo para representar la QoS real facilitada a los usuarios extremos.

Sin embargo, de ser necesario, la metodología estadística deberá también tener en cuenta la distribución geográfica y/o temporal de las muestras. Por ejemplo, dependiendo de cuál sea el

objetivo de la campaña, puede convenir limitar el muestreo a periodos de mucho tráfico u obtener un mayor número de muestras en zonas geográficas con una alta densidad de usuarios extremos. Por tanto, puede resultar más conveniente definir el plan de muestreo de cada operador en función de la distribución de su base de usuarios extremos. En otros casos, puede considerarse la posibilidad de obtener un mayor número de muestras durante los periodos de poco tráfico o en regiones con baja densidad de usuarios para lograr muestras de mayor tamaño, en comparación con los grupos de muestras normalmente sobrerrepresentados.

En resumen, se recomienda definir un número mínimo de usuarios extremos que se supervisarán periódica y aleatoriamente. Cuantos más usuarios extremos haya en el plan de obtención de datos, de acuerdo con la distribución geográfica y temporal, más precisos serán la evaluación y los correspondientes informes.

Sin embargo, como consecuencia de que el entorno de prueba no esté controlado, los datos obtenidos por externalización masiva han de procesarse a fin de eliminar el ruido. Ese ruido se genera, por ejemplo, a causa de los programas de pruebas en hora punta, de los cambios en el plan contratado por los usuarios, de los planes comerciales con restricciones y de los cambios en la tecnología de acceso, por ejemplo. En tal caso, una vez aplicadas las normas de descarte, las muestras restantes deberán ajustarse a los requisitos de validación estadística (número de muestras, error de estimación y distribución geográfica/temporal).

Puede recurrirse a un método de muestreo para calcular el tamaño de la muestra (número mínimo de muestras) para un error de estimación predefinido cuando se puede ejercer un cierto control sobre la obtención de datos por externalización masiva. Por ejemplo, en el marco de una campaña de pruebas por externalización masiva, puede conocerse hasta cierto punto la distribución geográfica de las muestras, si ésta se planificó de antemano.

No obstante, cuando el control que se puede ejercer sobre la distribución geográfica/temporal es limitado, los resultados pueden no ser representativos y sesgar en gran medida los IFR estimados. Por ejemplo, si se consideran los resultados de toda una ciudad, puede ocurrir que la mayoría de muestras procedan de un único barrio. En tal caso, los resultados serán representativos de ese barrio, pero no de toda la ciudad.

Al planificar la campaña de pruebas, se ha de tener en cuenta la representatividad estadística de los resultados. Para ello existen fórmulas estadísticas bien definidas que pueden emplearse para derivar el error de estimación de un grupo de muestras. En la cláusula A.1.2 del Anexo A a [UIT-T E.806] se presentan las fórmulas generales de muestreo aleatorio simple que pueden utilizarse para limitar el error de estimación del nivel de confianza de un tamaño de muestra dado (número de muestras) y tener en cuenta la desviación media y nominal del parámetro observado (velocidad de descarga/telecarga, latencia, etc.). Sin embargo, para conocer el grado de representatividad de un grupo de muestras en una región geográfica, se ha de calcular el error de estimación de la distribución espacial de las muestras. El muestreo por estratificación ofrece las fórmulas necesarias para estimar la representatividad geográfica (véanse en la cláusula A.1.2 del Anexo A a [UIT-T E.806] y en [b-Scheaffer] las fórmulas de muestreo por estratificación).

En la estratificación se ha de dividir la región geográfica (por ejemplo, una ciudad) observada en estratos o grupos de zonas geográficas. Cada grupo tendrá sus propias características y se puede inferir hasta qué punto un grupo de zonas (con muestras de datos de externalización masiva) es representativo de toda la región.

Para ello puede utilizarse una técnica de discretización para dividir una zona concreta en zonas más pequeñas. El tamaño de las células puede escogerse en función del tamaño de la región estudiada (decenas o cientos de metros, kilómetros). Una vez realizada la discretización, esas células se clasificarán en uno de los estratos. Por último, pueden utilizarse las fórmulas de muestreo por estratificación para estimar el número mínimo de células necesario para lograr la representatividad

estadística de la región. En el Apéndice I se presenta un ejemplo numérico que ilustra este método de estratificación.

Gracias a las técnicas mencionadas se puede estimar el número mínimo de células (muestreo por estratificación) con el tamaño de muestra requerido (muestreo aleatorio simple) que garantiza un determinado error de estimación. Sin embargo, cuando los datos de externalización masiva proceden de pruebas iniciadas por los usuarios o de la obtención de datos pasiva, no es posible hacer una planificación previa, por lo que habrá células con muy pocas y/o ninguna medición (por debajo del nivel de confianza del 95%) y/o células con altas concentraciones de mediciones. Por consiguiente, se necesitan herramientas estadísticas para calcular el error de estimación de un grupo de muestras cuando no sea posible proceder a una planificación/programación.

En ese caso, lo contrario también puede obtenerse con fórmulas: se puede calcular el error de estimación a partir del número de células con muestras en una ciudad dada. Una posibilidad es asignar distintas ponderaciones a las células poco pobladas/muy pobladas a fin de que los resultados tengan en cuenta la divergencia en el número de mediciones que puede haber en cada célula.

En resumen, dados los retos que plantea la distribución geográfica de las muestras obtenidas por externalización masiva, si los resultados se agrupan para una región/ciudad, deberá llevarse a cabo un análisis estadístico a fin de conocer la fiabilidad de las muestras en términos de error de estimación y nivel de fiabilidad, por ejemplo.

7.3.2 Procesamiento de datos

En esta cláusula se aborda el tratamiento adecuado de los datos para realizar un análisis fiable.

Los conjuntos de datos diferirán en función de cómo se han obtenido los datos. También serán distintos los objetivos de los análisis. Por esos motivos no puede prescribirse un único procedimiento, pero sí resulta útil considerar las distintas fases del procesamiento y algunos ejemplos de cada una de ellas.

A continuación, se presentan algunas fases del procesamiento:

- Filtrado.
- Clasificación.
- Agrupación.

Un método de procesamiento típico puede constar de un grupo de fases de filtrado, seguido de un grupo de fases de clasificación y, por último, de una agrupación. Sin embargo, también es posible intercalar fases correspondientes a grupos distintos.

7.3.2.1 Filtrado

Pueden utilizarse procesos de filtrado para eliminar datos redundantes, no fiables o irrelevantes, que deberán excluirse inmediatamente del análisis, por ejemplo:

- datos duplicados;
- datos no recabados durante el periodo de muestreo examinado o que no tengan una lectura temporal válida;
- datos que no correspondan a los límites geográficos considerados o que no tengan una lectura geográfica.

En función del caso podrán necesitarse más filtros. Por ejemplo, para las pruebas activas puede resultar conveniente eliminar las pruebas en que el sistema operativo o las preferencias del usuario del dispositivo probablemente impidan o limiten el acceso a la red (por ejemplo, cuando se utiliza el modo de ahorro de energía o está activo el modo avión, o cuando el usuario ha desactivado los datos manualmente).

7.3.2.1.1 Filtrado de comportamiento de prueba anómalo

Hay otro objetivo del filtrado que merece una mención especial aquí. Como ya se indica en la cláusula 7.2.1, puede haber quien intente influir en los resultados con fines malignos, por ejemplo, ejecutando deliberadamente pruebas con parámetros espaciotemporales que se sabe producirán resultados favorables o con otros que seguro darán malos resultados. La identificación de los dispositivos con patrones de prueba inusuales, como grandes números de pruebas, o que produzcan resultados atípicos permitirá aislarlos.

Si bien las técnicas automatizadas pueden revelarse positivas en este caso, los intentos de influencia de los datos pueden evolucionar para evitar los filtros que necesitan un análisis adaptativo. Concretamente, cuando se dispone de informes públicos, detallados y frecuentes sobre los resultados de la externalización masiva, otros usuarios pueden determinar si sus intentos de influir en los resultados tienen éxito y hasta qué punto. Si el usuario ve que sus intentos se filtran, puede cambiar de estrategia. En el caso de campañas de externalización masiva prolongadas o en curso con informes públicos, será necesario prever la constante definición de medidas a medida que se detecte su ineficacia.

Un comportamiento de prueba anómalo no siempre está diseñado para influir en los resultados agrupados. Los usuarios pueden tener objetivos personales para utilizar las aplicaciones de externalización masiva que generen patrones de datos inusuales. Por ejemplo, si un usuario quiere lograr pruebas para liberarse de un contrato, escogerá efectuar las pruebas en puntos de su hogar donde los datos son muy lentos y hará capturas de pantalla. En el otro extremo, si el usuario quiere mostrar en sus redes sociales la gran velocidad de que disfruta, procurará hacer las pruebas donde su experiencia con la red sea mejor.

Sometiendo a los usuarios a encuestas sobre su motivación para realizar pruebas de externalización masiva (véase la cláusula 7.2.1) se podrán filtrar esos casos. Se recomienda que las encuestas sean simples, breves y optativas para fomentar una alta participación (posicionada de tal manera que, al verla, los usuarios respondan: "empezar la prueba contándonos por qué haces la prueba hoy") y evitar una reducción del número de pruebas, que es lo que pasaría si la encuesta previa fuese obligatoria para hacer la prueba. Aunque la mayoría de los usuarios no respondiese a la pregunta, si se consiguen respuestas suficientes, éstas se pueden utilizar para identificar en términos generales las motivaciones de los usuarios.

7.3.2.2 Clasificación

La clasificación consiste en mejorar o corregir los datos a fin de prepararlos para su ulterior procesamiento. Entre las fases de clasificación que pueden ser útiles se cuentan las siguientes:

- **Correspondencia del ID de red:** a veces las redes móviles pueden difundir nombres de red distintos u operar con múltiples indicativos de red para el servicio móvil (MNC, *mobile network codes*). En tal caso puede resultar útil establecer una correspondencia con un identificador y un nombre canónicos. Cabe prestar particular atención a los casos en que el indicativo de país para el servicio móvil (MCC, *mobile country code*) de la tarjeta SIM pertenece a un país distinto al indicado por el MCC de la red conectada. En función del análisis que se realice, puede resultar conveniente eliminar los resultados obtenidos en itinerancia internacional.
- **Corrección de la hora de medición:** dado que en los dispositivos de usuario extremo la hora puede definirse manualmente, es posible que la hora indicada por el dispositivo no sea fiable. Pueden hacerse correcciones cuando la temporización de los datos enviados por el dispositivo difiere notablemente del valor obtenido del servidor de obtención, que prima sobre el primero.
- **Geocodificación:** es posible asignar a un ID de ubicación coordenadas de longitud y latitud utilizando un índice espacial jerárquico o un conjunto específico de polígonos que representen, por ejemplo, ciudades y provincias.

7.3.2.3 Agrupación

La agrupación se aplica a un conjunto concreto de resultados de pruebas. Normalmente, éstos se habrán filtrado y clasificado para su utilización en la estadística final.

La agrupación escogida dependerá mucho del análisis que se realice y deberán tenerse en cuenta los siguientes factores:

- ¿Es necesario agrupar primero a nivel del usuario del dispositivo y posteriormente realizar la media? Esta estrategia de "un usuario, un voto" generalmente impedirá que los resultados se vean indebidamente influidos por los dispositivos que comunican más muestras.
- ¿Es necesario volver a ponderar los datos a otros niveles, por ejemplo, geográfico o temporal?

Para responder a la segunda pregunta en el Apéndice I se presenta un ejemplo de muestreo por estratificación geográfica aplicado en el contexto del servicio móvil.

Cabe señalar que todas las entidades implicadas en la obtención y el procesamiento de los datos, es decir, fabricantes, operadores y reguladores, deben ajustarse a la legislación en materia de protección de datos correspondiente. Esto atañe al procesamiento de los datos porque, con frecuencia, la agrupación necesitará de identificadores de dispositivo exclusivos del usuario y algunos marcos jurídicos consideran que esa información, junto con los datos de ubicación, entra en la categoría de datos personales.

8 Opciones de configuración

Como ya se ha indicado, el enfoque de externalización masiva puede ser activo o pasivo, iniciado por el usuario o automático. Además del enfoque de externalización masiva, hay que considerar otras opciones de configuración para la obtención de datos de QoS por ese medio. En este sentido, hay que definir dos factores principales de la configuración: (i) el dispositivo en que se integrará la solución de externalización masiva y (ii) el punto de red al que se asignará el servidor de prueba. Es importante resaltar que las soluciones de obtención de datos por externalización masiva pasivas no necesitan un servidor de prueba, pues no generan tráfico artificial ni carga útil de prueba. Las pruebas iniciadas por el usuario extremo o de manera autónoma tiene características propias que también deberán tenerse en cuenta al definir la configuración.

Al definir la configuración deberán sopesarse las ventajas e inconvenientes en función de los objetivos de la evaluación de la QoS. En esta cláusula se analizan más detalladamente las características de las diversas opciones de configuración para la obtención de datos por externalización masiva en redes de banda ancha fijas y móviles.

8.1 Dispositivo de obtención de datos

Con la externalización masiva los datos se pueden obtener con distintos tipos de dispositivos en diferentes elementos del proceso de prestación del servicio, como se explica en el modelo de QoS de extremo a extremo presentado en [UIT-T E.800] y que se ilustra en la Figura 3.

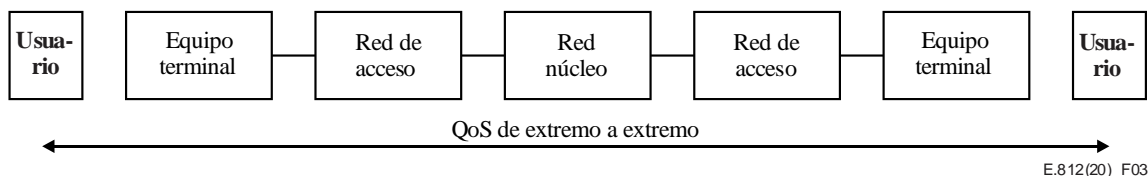


Figura 3 – Modelo de evaluación de la QoS de extremo a extremo [UIT-T E.800]

NOTA – En [UIT-T E.800] se señala que la configuración ilustrada es la de un servicio convencional con usuarios a cada extremo de la conexión. En esta Recomendación se utiliza el término usuario extremo para denominar al usuario de la Figura 3.

Así, para evaluar la QoS de extremo a extremo, la solución de obtención de datos debe integrarse en el equipo terminal del usuario extremo.

En el caso de las redes de banda ancha fijas la solución de externalización masiva se integra en los equipos en los locales del cliente (CPE) o en los dispositivos de usuario extremo (dispositivos móviles, computadores personales, televisores inteligentes.). En las redes móviles la solución se integra en los dispositivos móviles. La integración en los dispositivos conlleva el problema de las variables de entorno, como la intensidad de la señal Wi-Fi allí donde se realiza la prueba, que pueden influir en los resultados obtenidos.

Las soluciones integradas en los dispositivos móviles pueden ser, por ejemplo, aplicaciones dedicadas a la evaluación de la calidad, que generalmente proceden de fabricantes especializados. Por otra parte, las soluciones pueden integrarse en una aplicación específica, como la aplicación de servicios al cliente del operador (cuando éste crea su propia solución) o aplicaciones de terceros, como medios sociales, juegos y editores fotográficos.

En el caso de los computadores personales las soluciones pueden adoptar la forma de una página web a la que acceden los usuarios para realizar las pruebas o de aplicaciones en segundo plano que se ejecutan en navegadores web u otras aplicaciones específicas.

Concretamente, en el caso de la banda ancha fija, cuando la solución de externalización masiva se integra en los dispositivos de usuario extremo, la QoS evaluada es la de ese dispositivo, por lo que las limitaciones están dictadas por las características técnicas del dispositivo y por la tecnología de conexión (por ejemplo, Wi-Fi o Ethernet). Por otra parte, si la solución está directamente integrada en el CPE, la información de QoS se referirá al servicio prestado desde una perspectiva global.

8.2 Servidores de pruebas

Los servidores utilizados para albergar pruebas activas tienen una gran influencia en los resultados, por lo que se han de seleccionar con precaución. Para empezar, se pueden considerar los distintos tipos de servidores. En el Cuadro 2 se presenta una lista no exhaustiva de los tipos de integración del servidor más utilizados.

Cuadro 2 – Comparación de los tipos de integración de servidores de pruebas

Tipo de integración del servidor	Características	Servicios típicos
Punto de presencia (PdP) de red	<p>Los servidores se sitúan en la infraestructura de red de los proveedores de servicios o de la entidad conectada (por ejemplo, universidades, empresas privadas o agencias estatales) para estar cerca del usuario extremo.</p> <p>Estos servidores de pruebas están diseñados para probar la calidad de funcionamiento de la red de acceso.</p>	<p>Albergue de:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Ficheros – Sitios web
Red de distribución de contenido (RDC)	<p>Los recursos de contenido suelen distribuirse en cientos o miles de nodos a lo largo de Internet, diseñados para dar contenido. La RDC es un tipo de computación sin servidor que puede tener varios segmentos y donde el contenido al que se accede con más frecuencia se almacena temporalmente en muchos nodos periféricos.</p> <p>Algunas RDC permiten crear ciertas aplicaciones, que pueden utilizarse para realizar pruebas.</p>	<p>Distribución de:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Vídeo y audio a la demanda – Binarios de aplicaciones móviles – Contenido de sitios web (imágenes, texto, ficheros JavaScript, etc.)
Servicios de computación en la nube	<p>Los recursos de computación suelen estar distribuidos entre una docena de ubicaciones a lo largo de Internet, diseñadas para soportar una amplia gama de servicios que necesitan recursos de computación adaptables.</p> <p>Este tipo de servidor comprende también los modelos de computación periférica, que introduce servidores más pequeños en un número mucho mayor de emplazamientos para las aplicaciones que exigen una menor latencia.</p>	<p>Albergue de:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Aplicaciones en la nube – Bases de datos – Motores de juegos – Llamadas de vídeo OTT, llamadas vocales en grupo OTT – Servicios IoT (computación periférica) – Juegos en línea en la nube (computación periférica)

Además, la conectividad entre el usuario extremo y el/los servidor(es) de pruebas también influye en las características medidas. Los servidores de prueba pueden integrarse en la red del operador (intranet) o estar fuera de ella (extranet). En el Cuadro 3 se comparan los tipos de acceso al servidor.

Cuadro 3 – Comparación de los tipos de acceso al servidor

Tipo de acceso al servidor	Tipo de integración del servidor	Características
Intrarred	<ul style="list-style-type: none"> – Proveedor de servicios del usuario extremo – Servidores de almacenamiento intermedio RDC – Servidores de almacenamiento de computación periférica de los servicios de computación en la nube 	Útil para mediciones clasificatorias de la red de acceso o de servicios populares o frecuentemente utilizados
Extrarred	<ul style="list-style-type: none"> – Entidad conectada (por ejemplo, universidades, empresas privadas o agencias estatales) – Proveedores de servicios distintos del proveedor del usuario extremo – RDC – Servicios de computación en la nube 	Útil para mediciones clasificatorias de todos los tipos de servicios y ubicaciones de red, populares o no.

El perfil de los servicios de red y de datos a que accede un usuario extremo en una red determinada indicará en qué medida se han de realizar mediciones con servidores intrarred o extrarred. Los reguladores pueden seleccionar los perfiles de datos de red en función de sus necesidades. Cuando haya múltiples servidores de pruebas deberá poderse escoger manual o automáticamente el servidor de pruebas. Cuando los servidores de pruebas se seleccionen automáticamente, una posibilidad será escoger los servidores más cercanos al usuario extremo, garantizando así la inclusión de menos segmentos de red y, por tanto, la medición más precisa de la red de acceso. Por otra parte, la selección manual permite medir el acceso a una entidad dada.

Es evidente que la distribución de los servidores para lograr una medición representativa de la calidad de servicio variará en función del servicio de que se trate. Como se ha indicado en cláusulas anteriores, es posible diseñar pruebas activas específicamente para cada servicio. Para los servidores esto significa que una prueba de vídeo a la demanda transmitirá los datos a partir de una RDC utilizada por servicios de vídeo populares, mientras que una prueba de juegos con varios participantes comunicará con un servidor en la nube utilizado normalmente por los motores de juego.

Si las RDC se consideran servidores de pruebas, hay que señalar dos cosas:

- El contenido más popular puede almacenarse temporalmente más cerca de los usuarios que el contenido menos popular. Por consiguiente, una prueba activa puede, en un primer momento, descargar un fichero almacenado sólo en unos pocos nodos RDC, pero, una vez ejecutada la prueba muchas veces, el fichero puede distribuirse a más nodos y empezar a descargarse más rápido. Prever ese periodo de calentamiento para toda nueva solución de externalización masiva puede evitar esa fluctuación.
- Las pruebas que utilizan la atribución dinámica de direcciones de protocolo Internet (IP) y el protocolo de transferencia de hipertexto seguro (HTTPS, *hypertext transfer protocol secure*) resisten mejor a los operadores de red móvil que no dan un trato equitativo al tráfico de prueba. Por ejemplo, si una prueba de flujo de vídeo utiliza una IP estática conocida de los operadores de red, el operador que acelera el tráfico de vídeo podría dejar de hacerlo sólo para esa prueba, lo que resulta más difícil de hacer cuando se utilizan HTTPS y direcciones IP estáticas.

Para medir la QoS de extremo a extremo, realizar pruebas con servidores albergados en emplazamientos neutros (por ejemplo, coubicados con centrales Internet (IXP, *Internet exchange points*)) puede no ser suficiente, pues la mayoría del tráfico no pasará por esa ruta. Este método de

medición de la QoS de extremo a extremo puede introducir factores que escapan al control directo de los operadores de redes móviles. En el ejemplo del párrafo anterior, los servidores más cercanos empleados para juegos móviles en línea populares pueden estar situados en países distintos del país en que se realiza el estudio, por lo que la calidad de los enlaces internacionales (y la distancia que abarcan) influirá en la QoS medida.

Por último, dada la amplia variedad de servicios a que acceden los usuarios extremos y la correspondiente diversidad de puntos extremos de esos servicios, se recomienda contemplar unos pocos servicios clave, en particular los más populares y que exigen una buena calidad de funcionamiento de extremo a extremo. Para esos servicios se pueden diseñar medidas que capturen específicamente su QoS de extremo a extremo y para ello se deberá escoger la distribución de servidores (o un conjunto de distribuciones) que mejor se ajuste a la utilizada por el tráfico real de ese servicio.

9 Directrices adicionales para los reguladores

En esta cláusula se identifican otras directrices para los reguladores que desean utilizar mediciones de QoS por externalización masiva.

Un regulador puede recabar él mismo los datos, solicitar a los operadores que se los comuniquen o utilizar soluciones de terceros conformes con las directrices expuestas en esta Recomendación.

Para poder interpretar y comparar los resultados es fundamental definir adecuadamente y utilizar una metodología común.

Para garantizar la neutralidad y comparabilidad de los resultados, se aconseja a los reguladores:

- a) que definan los reglamentos de manera que se garantice la transparencia a la hora de describir la metodología de muestreo elegida, los indicadores de QoS y su cálculo, así como las reglas de procesamiento de los datos;
- b) que garanticen la ausencia de interferencias en la obtención de los datos, por ejemplo, creando reglas para enviar los datos, sin filtros, preferiblemente en tiempo real, a una plataforma central y supervisando todos los patrones de prueba que puedan indicar un intento de manipulación de la herramienta de externalización masiva;
- c) que realicen auditorías para verificar el cumplimiento de los requisitos y de la metodología de pruebas establecida;
- d) que exijan a los proveedores de los datos que comuniquen toda modificación de la metodología (incluidos, entre otros, la configuración, el muestro y la obtención de datos) para su validación.

Cuando se utilicen soluciones de externalización masiva aplicadas por los operadores, a fin de garantizar la comparabilidad de los resultados, el regulador puede optar por un proceso de aprobación o auditoría, que puede comprender la validación de las configuraciones escogidas.

Pueden aplicarse procedimientos de validación para garantizar la comparación fiable de los resultados entre operadores y/o regiones. En este sentido, el objetivo de la validación es evaluar la solución de obtención de datos y su capacidad para generar muestras con un grado de exactitud y precisión acorde con los requisitos definidos en materia de normas técnicas, muestreo, procesamiento de datos y metodología de prueba para la obtención de datos.

El regulador puede solicitar al proveedor de servicios o al fabricante de pruebas que facilite un manual operativo con la metodología de prueba utilizada, la configuración de las pruebas, las especificaciones técnicas de los datos obtenidos o las escalas utilizadas para la medición y los métodos de procesamiento de datos empleados.

De haber información que el regulador no puede obtener a partir de los datos recabados o información que puede quedar obsoleta, los reguladores podrán solicitar a los operadores que la comuniquen de forma periódica.

NOTA – entre la información no disponible en el CPE se cuenta, en el caso de la banda ancha fija, parte de la información del contrato de los usuarios extremos (por ejemplo, la velocidad máxima, mínima o garantizada) y los modelos de dispositivos que soportan las normas técnicas necesarias para realizar las mediciones.

Apéndice I

Ejemplo numérico de muestreo por estratificación para el servicio móvil

(Este Apéndice no forma parte integrante de la presente Recomendación.)

En este apéndice se presenta un ejemplo numérico para ilustrar las fórmulas de muestreo conformes a la metodología descrita en el Anexo A a [UIT-T E.806] con el fin de estimar la representatividad geográfica de los datos de externalización masiva en redes móviles.

Si lo que se ha de publicar son los resultados de velocidad de descarga/telecarga media por ciudad, los datos de externalización masiva se utilizarán para derivar esa medición. Además de los datos de externalización masiva del servicio móvil, es importante hablar del error de estimación espacial de las muestras, es decir, hasta qué punto esas muestras son representativas de una región geográfica. Dado que no se puede controlar el origen geográfico de los datos, se puede estimar la representatividad espacial estadística.

Para efectuar esta estimación, en primer lugar, se divide cada ciudad en células de 100 m X 100 m (el tamaño de las células puede variar y debe estar determinado por el tamaño de la ciudad, etc.). Para definir las células pueden emplearse diversos métodos, incluido Geohash.

Para poder derivar el grado de representatividad de las muestras desde un punto de vista geográfico/espacial, cada célula puede estratificarse en distintas categorías (estratos). Un aspecto importante de la estratificación es que los elementos de cada categoría compartan las mismas características y puedan diferenciarse de las demás categorías.

Así, en este ejemplo, el primer paso del muestreo por estratificación consiste en escoger un criterio en función del cual crear los estratos y clasificar las células de acuerdo con ese criterio. El criterio escogido es la distribución de la población. Sin embargo, en el estudio puede haber otras variables pertinentes, como la densidad de usuarios, la densidad de dispositivos, etc.

A continuación, se presenta un ejemplo en el que se utiliza el criterio de densidad de población para definir los estratos:

Nº de estratos	Horquilla	Número de células
1	Densidad de población <= 2 000	193 760
2	2 000 < Densidad de población <= 4 000	260 766
3	4 000 < Densidad de población <= 6 000	213 436
4	Densidad de población <= 8 000	306 937
		974 899

Una vez clasificadas las células, pueden definirse los límites del error de estimación (B) gracias a las variables descriptivas correspondientes de cada estrato (media, desviación típica y varianza de la velocidad de descarga, por ejemplo).

Por último, puede obtenerse, con un cierto error de estimación, el número total de células que representan la zona estudiada (en este caso, una ciudad) utilizando la siguiente fórmula de muestreo por estratificación (descrita en la cláusula A.1.1 de [UIT-T E.806]):

$$n = \frac{(\sum_{i=1}^L N_i \sigma_i)^2}{N^2 D + \sum_{i=1}^L N_i \sigma_i^2} \quad D = \frac{B^2}{4}$$

donde

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

σ_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).

Estratos	Horquilla	Número de células	Media	Desviación típica	Varianza
1	Densidad de población <= 2 000	193 760	5,60	0,66	0,43
2	2 000 < Densidad de población <= 4 000	260 766	5,67	0,43	0,18
3	4 000 < Densidad de población <= 6 000	213 436	5,23	0,56	0,31
4	Densidad de población <= 8 000	306 937	5,32	0,60	0,36
		974 899			

El siguiente paso, una vez calculado el número total de células necesarias para lograr la significancia estadística de una ciudad, es obtener el número mínimo de células que representa cada estrato dentro de la ciudad.

Por ejemplo, el límite del error de estimación B se fija en 0,1. Esta variable también puede obtenerse de los resultados anteriores o puede fijarse en función de la magnitud de error que sea aceptable. Es importante tener en cuenta que la fórmula es muy sensible al error de estimación, por lo que un B pequeño implica un tamaño de muestra más grande. Pueden estudiarse múltiples configuraciones fijando valores de B distintos.

Al aplicar la fórmula de estratificación con $D = 0,0025$, se ve que $n = 124$ células (número total de células), que se distribuyen a cada estrato (n_i es el número de células necesarias en cada estrato) utilizando la segunda fórmula de muestreo por estratificación descrita en la cláusula A.1.1 del Anexo A a [UIT-T E.806]:

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

Nº de estratos	Horquilla	n_i
1	Densidad de población <= 2 000	29
2	2 000 < Densidad de población <= 4 000	25
3	4 000 < Densidad de población <= 6 000	27
4	Densidad de población <= 8 000	42
		124

De este modo, cada ciudad puede caracterizarse con al menos n células (distribuidas de acuerdo con n_i). Los resultados de velocidad de descarga (o la variable que se estudie) tendrán un error de estimación B . Evidentemente, lo contrario también puede obtenerse con las fórmulas. Dado que los datos de externalización masiva estarán disponibles de antemano, es posible calcular el error de estimación a partir del número de células con muestras de una ciudad concreta.

Cabe señalar que cada célula puede considerarse también válida si tiene un número mínimo de muestras. En este caso, puede recurrirse al muestreo aleatorio simple para derivar ese tamaño de muestra con un error de estimación asociado.

Al planificar una campaña de pruebas, puede emplearse cualquiera de los siguientes tres métodos para calcular el tamaño de muestra de los estratos: atribución proporcional, atribución óptima y atribución mixta.

a) Atribución proporcional:

Con una atribución proporcional al número de unidades, la tasa de muestreo es idéntica para todos los estratos:

$$f_h = \frac{n_h}{n} = \frac{N_h}{N}$$

Dicho de otro modo, cuanto mayor sea el estrato, mayor será la muestra seleccionada en ese estrato.

Por consiguiente, esta atribución genera un plan de muestreo autoponderado en el que todas las unidades tienen la misma ponderación $w_k = \frac{n}{N}$.

Se garantiza así la robustez de los resultados cuando se analizan varias variables simultáneamente. En cuanto a las varianzas, el muestreo aleatorio simple estratificado con atribución proporcional es más efectivo que el muestreo aleatorio simple.

b) Atribución óptima:

La atribución óptima o atribución de Neyman optimiza la precisión del estimador del total de la variable de interés a nivel de toda la población.

La atribución de Neyman asume que debe escogerse una muestra más grande en un estrato grande y en un estrato con mucha dispersión.

Siendo C el coste de la encuesta:

$$C = \sum_{h=1}^H n_h \times c_h$$

donde n_h es el tamaño del estrato h y c_h el coste unitario en el estrato h

Así pues:

$$n_h = \frac{N_h \times S_h}{\sqrt{c_h}} \cdot \frac{C}{\sum_{h=1}^H N_h \cdot S_h \cdot \sqrt{c_h}}$$

donde N_h es el tamaño de la población del estrato h y S_h es la varianza del estrato.

c) Atribución mixta:

Con este método se pueden combinar las ventajas de los dos métodos anteriores, garantizando así la robustez a un bajo coste.

Así:

$$n = \alpha n_{prop} + (1 - \alpha) n_{opti}$$

Normalmente, $\alpha = 1/2$

Apéndice II

Casos de uso del enfoque de externalización masiva

(Este apéndice no forma parte integrante de la presente Recomendación.)

II.1 Ejemplos de posibles casos de uso

En el contexto de las mediciones de QoS de extremo a extremo se puede emplear el enfoque de obtención de datos por externalización masiva de muchas maneras, entre las que se cuentan las que se indican en el Cuadro II.1.

Cuadro II.1 – Casos de uso en que se puede utilizar el enfoque de externalización masiva

<u>Observación</u>	<u>Tipo de obtención de datos por externalización masiva</u>	<u>Redes fijas/móviles</u>
<u>Cobertura de red</u>	<u>Pasiva</u>	<u>Móviles</u>
<u>Supervisión y evaluación comparativa de la calidad de funcionamiento</u>	<u>Activa y pasiva</u>	<u>Fijas y móviles</u>
<u>Verificación de reclamaciones</u>	<u>Activa</u>	<u>Fijas y móviles</u>
<u>Verificación de cumplimiento de la licencia</u>	<u>Activa</u>	<u>Fijas y móviles</u>
<u>Planificación de red</u>	<u>Activa y pasiva</u>	<u>Fijas y móviles</u>
<u>Optimización de red</u>		

Por lo general, de ser necesario, la aplicación a las observaciones anteriores puede combinarse con otras capas de información de la red disponibles (por ejemplo, bandas de frecuencias, emplazamiento de estaciones base, etc.). Los casos de uso siguientes forman parte de los posibles usos identificados del enfoque de externalización masiva y también pueden obtener información de [b-CrowdWhitepaper]:

II.1.1 Cobertura de red móvil

Los siguientes casos de uso tienen por objetivo identificar la cobertura de red móvil disponible en interiores y en exteriores:

a) En exteriores

- 1) Con suficientes puntos de datos (determinados por la participación masiva) puede generar mapas de cobertura de alta resolución de cada operador móvil. Se puede obtener una imagen detallada de la cobertura de red por operador y evitar de manera puntual y eficiente la realización de pruebas en vehículos costosas.
- 2) Si se dispone de datos representativos, puede utilizarse para la validación de reclamaciones y la identificación de zonas problemáticas en relación con la QoS de extremo a extremo.
- 3) Indicador de la distribución de usuarios en las zonas geográficas de interés. Dado que los datos de externalización masiva de una zona concreta tendrán una distribución de muestras con más puntos de datos correspondientes a los operadores con más usuarios, puede emplearse como indicador de cómo los usuarios se distribuyen entre los operadores de red.

b) En interiores

- 1) Validación de reclamaciones en interiores.
- 2) Se puede detectar e identificar la mala cobertura en interiores gracias a indicadores del nivel de la señal, aunque el nivel de la señal a su vez afectará a la precisión de la localización o podrá impedir la cobertura por completo (plantas inferiores de garajes subterráneos).
- 3) Acceso a edificios restringidos, como hospitales, instituciones públicas.
- 4) Indicador de la distribución de usuarios en zonas públicas esenciales y distritos comerciales. Dado que los datos de externalización masiva de una zona concreta tendrán una distribución de muestras con más puntos de datos correspondientes a los operadores con más usuarios, puede emplearse como indicador de cómo los usuarios se distribuyen entre los operadores de red.

II.1.2 Supervisión y evaluación comparativa de la calidad de funcionamiento

- a) Gracias a la supervisión de IFR (activa y pasiva) o la interacción con los usuarios (por ejemplo, informe de usuario tras una sesión de un servicio), los datos de externalización masiva pueden utilizarse para evaluar las tendencias de calidad de funcionamiento a diferentes niveles geográficos (municipios, ciudades, regiones, etc.).
- b) Los datos de externalización masiva detallados (tanto temporal como espacialmente) relativos al acceso al servicio y las causas de su liberación pueden servir para identificar la posible causa raíz de los problemas de calidad de funcionamiento experimentados por los usuarios finales con una determinada versión de un servicio en un momento y lugar dados, y para encontrar rápidamente una solución.
- c) En combinación con la interacción con los usuarios, por ejemplo, mediante encuestas, y con los resultados obtenidos con otras mediciones, como las pruebas en vehículos, puede facilitar una comparación más fiable entre operadores de red o proveedores de servicio en términos de QoS que si sólo se utilizan los datos de externalización masiva.

II.1.3 Verificación de reclamaciones

- a) Empodera al usuario extremo y responde a sus reclamaciones de baja calidad de funcionamiento de Internet, cobertura móvil escasa o nula (sobre todo en las zonas poco pobladas), imposibilidad de realizar llamadas, abandono de llamadas o ausencia de Internet móvil (a pesar de la cobertura). Todas las reclamaciones pueden investigarse a fondo y, posiblemente validarse, gracias a los resultados de los datos de externalización masiva.
- b) Una vez confirmados los problemas que dan lugar a la reclamación, los datos de externalización masiva también pueden utilizarse para calificarlas y proponer soluciones disponibles.

II.1.4 Verificación del cumplimiento de la licencia

Entre las obligaciones de cobertura móvil de un operador pueden contarse compromisos de despliegue, como el porcentaje de la población o del territorio que ha de quedar cubierto en un plazo dado. Esas obligaciones pueden derivarse de la licencia del operador o de una subasta de espectro. Con suficientes puntos de datos, los datos de externalización masiva pueden emplearse para supervisar el cumplimiento de los compromisos de despliegue de red, tanto en términos de infraestructura como de espectro. Otro ejemplo es cuando un operador fijo asume el compromiso de garantizar una serie de parámetros de QoS mínima a los usuarios extremos. Los datos de externalización masiva pueden emplearse para supervisar la calidad de funcionamiento de esos parámetros.

II.1.5 Planificación de red

De acuerdo con [b-CrowdWhitepaper] y la información obtenida de un fabricante de herramientas de planificación y pruebas de red, los casos de uso de la externalización masiva para la planificación de red son los siguientes:

- a) Expansión y/o despliegue de nuevas tecnologías. En este caso, los datos de externalización masiva pueden utilizarse también para cartografiar la actividad humana (en términos de movilidad) observando los cambios en la distribución de usuarios a lo largo del tiempo. La identificación de zonas con alta utilización de datos y/o alta densidad de usuarios puede servir para seleccionar los emplazamientos y densidades óptimos para el despliegue de la red.
- b) Creación y perfeccionamiento de modelos de propagación con datos topográficos y de geolocalización. En este caso, en los datos de externalización masiva se han de medir características de las frecuencias radioeléctricas (RF) como, por ejemplo, el nivel de la señal, la calidad de la señal, la utilización de frecuencias o bandas de frecuencias. Además, los datos de externalización masiva utilizados en este ámbito deberán ser precisos y objetivos, carecer de interferencias procedentes posiblemente de la obtención de los datos y tener una granularidad elevada (en la cláusula 7.3 pueden encontrarse directrices sobre los requisitos de obtención de datos, como el muestreo, la planificación, el filtrado, la categorización y la agrupación).
- c) Optimización de modelos de tráfico empleados en la planificación.
- d) Aumento de la rentabilidad gracias a la optimización de la relación entre la calidad (cobertura, latencia, caudal) y la rentabilidad de la inversión (RdI).

II.1.6 Optimización de red

La utilización de datos de externalización masiva para la optimización de la red exige que los datos sean muy detallados y tengan una gran precisión. Si puede garantizarse ese nivel de detalle y precisión, los datos de externalización masiva podrán utilizarse para lo siguiente:

- a) De manera periódica (normalmente, diaria), seguir las tendencias (incluidas las señales débiles no visibles por las soluciones de supervisión de la red) de utilización y de QoS de los servicios ofrecidos por la red supervisada a fin de anticipar las mejoras, como un aumento de la capacidad en el momento y lugar adecuados.
- b) Determinar las causas primeras de los problemas de la red: Los datos de externalización masiva pueden emplearse para detectar problemas de liberación de servicios, de cobertura de caudal y/o de capacidad en redes geográficas.
- c) Obtención específica de datos de externalización masiva sobre un objetivo concreto (por ejemplo, una zona geográfica, un grupo de usuarios con el mismo modelo de dispositivo móvil) a fin de detectar y solventar los problemas más rápidamente.
- d) Optimización y/o sustitución de pruebas en vehículos a ciegas (en cualquier lugar) y globales (en todos los lugares) concentradas y a la demanda (donde y cuando surja un problema).
- e) Visualización de la utilización de la capacidad de servicios móviles por densidad de usuarios extremos en interiores.
- f) Supervisión de la eficacia de las soluciones de optimización de red tras su despliegue.

II.2 Ejemplos de indicadores de QoS y cálculo para las soluciones de externalización masiva

En el Cuadro II.2 se presentan ejemplos de indicadores de QoS obtenidos mediante externalización masiva y sus características. Los indicadores pueden agruparse en función de las tecnologías, los operadores, las regiones o los plazos empleados.

Conviene destacar que las conclusiones basadas en los resultados de estos indicadores deben tener en cuenta el tipo de solución y de configuración utilizados.

Cuadro II.2 – Ejemplos de indicadores de QoS

<u>Indicador</u>		<u>Descripción</u>	<u>Servicio</u>	<u>Observaciones</u>
<u>Velocidad de descarga y telecarga</u>	<u>Cumplimiento de la velocidad contratada (descarga y telecarga)</u>	<u>Porcentaje de pruebas en que la velocidad medida alcanza la velocidad contratada, calculada en el enlace descendente y el enlace ascendente.</u>	<u>Fijo</u>	<u>Este indicador sólo puede obtenerse cuando se conoce la velocidad contratada. Las soluciones que utilizan los CPE como dispositivo pueden dar resultados más convenientes, pues la prueba no se ve influida por las limitaciones de la conexión Wi-Fi.</u>
	<u>Cumplimiento de la velocidad mínima (descarga y telecarga)</u>	<u>Porcentaje de pruebas en que la velocidad medida alcanza la velocidad mínima establecida para cada tecnología (3G, 4G), calculada en el enlace descendente y el enlace ascendente.</u>	<u>Móvil</u>	<u>Este indicador sólo puede obtenerse cuando se conoce la velocidad contratada.</u>
	<u>Velocidad típica (descarga y telecarga)</u>	<u>Tendencia central resultante de una serie de pruebas de velocidad, calculada en el enlace descendente y el enlace ascendente.</u>	<u>Fijo y móvil</u>	<u>El cálculo puede utilizar estadísticas medias o medianas, en función del comportamiento estadístico de los datos.</u>
<u>Latencia</u>		<u>Tiempo de ida y vuelta en una serie de pruebas de latencia (transmisión de paquetes UDP).</u>	<u>Fijo y móvil</u>	<u>El cálculo puede utilizar estadísticas medias o medianas, en función del comportamiento estadístico de los datos.</u>
<u>Fluctuación de fase</u>		<u>Variación del tiempo de ida y vuelta en una serie de pruebas de latencia (transmisión de paquetes UDP).</u>	<u>Fijo y móvil</u>	<u>El cálculo puede utilizar gamas o valores en percentiles bajos o altos como estadística resumida, en función del comportamiento estadístico de los datos.</u>
<u>Pérdida de paquetes</u>		<u>Porcentaje de paquetes de protocolo de datagrama de usuario (UDP) perdidos durante una serie de pruebas de latencia (transmisión de paquetes UDP).</u>	<u>Fijo y móvil</u>	<u>El cálculo puede utilizar estadísticas medias o medianas, en función del comportamiento estadístico de los datos.</u>
<u>Tecnología de acceso móvil (3G, 4G, 5G, etc.)</u>		<u>Puntos de datos observados utilizando distintas tecnologías de acceso móvil.</u>	<u>Móvil</u>	<u>El cálculo puede utilizar porcentajes o proporciones de distintas tecnologías de acceso.</u>

NOTA 1 – Los indicadores 10º percentil (bajo) y 90º percentil (alto) también pueden obtenerse para los distintos grupos presentados en el cuadro anterior y pueden servir para complementar los indicadores medio y mediano, ofreciendo información sobre los peores y mejores resultados.

NOTA 2 – El cumplimiento de la latencia, la fluctuación de fase y la pérdida de paquetes mínimas definidas también puede utilizarse como indicador complementario al comparar los resultados de distintas regiones y operadores.

NOTA 3 – Para determinados indicadores agrupados, por ejemplo, la pérdida de paquetes, la fluctuación de fase y la velocidad, el acceso a información detallada, como la división temporal, puede ayudar a complementar los valores medios. Por ejemplo, una sesión con una baja pérdida de paquetes media y una alta frecuencia de ráfagas puede ofrecer al usuario una experiencia peor que una sesión con una mayor pérdida de paquetes media en que ésta se produce más uniformemente.

II.3 Ejemplos de reglas de procesamiento del filtrado de datos

Uno de los principales aspectos de la evaluación de la QoS mediante externalización masiva es la validación de los datos obtenidos y la aplicación de criterios predefinidos para aprobar o rechazar los datos.

En el Cuadro II.3 se muestran ejemplos de esos criterios, también denominados reglas de descarte:

NOTA – En la cláusula 7.3.2 se presentan directrices para el procesamiento de los datos, como el filtrado, la clasificación y la agrupación.

Cuadro II.3 – Ejemplos de reglas de filtrado de datos

<u>Situación identificada</u>	<u>Descripción</u>	<u>Observaciones</u>
<u>Duplicaciones</u>	<u>Registros que representan el mismo tiempo y el mismo dispositivo.</u>	
<u>Fallo de medición</u>	<u>Campos bandera de fallo que indican un fallo en la realización de la prueba.</u>	
<u>Modificación de las condiciones de medición</u>	<u>Para pruebas activas que no se completan instantáneamente, como las pruebas de descarga, donde el tipo de red o la interfaz cambian notablemente (conmutación entre celular y Wi-Fi o entre distintas tecnologías celulares).</u>	<u>Se aplica a los análisis con el objetivo de medir la calidad de funcionamiento con una configuración específica, por ejemplo, sólo móvil o sólo Wi-Fi. Sin embargo, para ciertos análisis estas pruebas serán pertinentes y podrán incluirse.</u>
<u>Paridad entre descarga y telecarga</u>	<u>Pruebas que presentan sólo resultados para descarga o telecarga.</u>	<u>Se aplica sólo a las soluciones en que la prueba de descarga presenta una prueba de telecarga par.</u>
<u>Identificación del servidor de prueba</u>	<u>El servidor de prueba no es uno de los servidores aceptados.</u>	<u>Se aplica sólo a las pruebas activas y casos en que los servidores de prueba están predeterminados. Por ejemplo, si el tráfico internacional queda fuera del alcance de la estrategia de medición, se habrán de excluir las pruebas realizadas con servidores ubicados fuera del país. Asimismo, si el objetivo es medir la calidad de funcionamiento intrarred de un PSI, es necesario excluir las pruebas realizadas con un servidor externo a la red del PSI.</u>
<u>Rebasamiento del máximo de mediciones por periodo</u>	<u>Si el número de mediciones rebasa un máximo.</u>	<u>Para las pruebas automáticas también es posible determinar un número máximo de pruebas para evitar recabar este tipo de datos. Si no, es posible dejar estos datos en el conjunto siempre y cuando el</u>

Cuadro II.3 – Ejemplos de reglas de filtrado de datos

<u>Situación identificada</u>	<u>Descripción</u>	<u>Observaciones</u>
		<u>proceso de agrupación estadística impida que influyan indebidamente en los resultados, por ejemplo, procediendo a una agrupación previa en las células tiempo-dispositivo antes del cálculo final.</u>
<u>Datos no correspondientes a la ubicación y el periodo</u>	<u>Pruebas con resultados de ubicaciones y/o periodos fuera del alcance deseado.</u>	
<u>Valores de campo inválidos o incompletos</u>	<u>Pruebas con valores incompletos o inválidos en campos necesarios para el cálculo de los indicadores (por ejemplo, ubicación, nivel de batería, identificación del dispositivo).</u>	<u>Se han de predefinir reglas de aceptabilidad para los campos de datos.</u>
<u>Resultados de campos contradictorios</u>	<u>Resultados de campos distintos que ofrecen información contradictoria.</u>	
<u>Batería baja</u>	<u>Resultados obtenidos con dispositivos con poca batería o con un nivel de utilización de batería inferior a los límites aceptados.</u>	<u>Se aplica a las soluciones integradas en el dispositivo de usuario extremo. Para las pruebas automáticas también es posible fijar este parámetro como condición para no iniciar la prueba.</u>
<u>Bajo nivel de señal</u>	<u>Resultados obtenidos con dispositivos cuando el nivel de señal es bajo.</u>	<u>Se aplica a las soluciones integradas en el dispositivo de usuario extremo y las conexiones inalámbricas (móvil o Wi-Fi). Para las pruebas automáticas también es posible fijar este parámetro como condición para no iniciar la prueba. Sin embargo, para determinados análisis esos resultados serán pertinentes y podrán incluirse.</u>
<u>Tráfico concurrente</u>	<u>Resultados afectados por el tráfico concurrente en el dispositivo.</u>	<u>Se aplica sólo a las pruebas activas. Para las pruebas automáticas también es posible fijar este parámetro como condición para no iniciar la prueba.</u>

Además, a la hora de evaluar la adecuación de los resultados con los niveles contratados (como el primer indicador del Cuadro I.2), la siguiente lista de criterios de filtrado puede ayudar a calcular los indicadores en un periodo/región determinado:

- El dispositivo IP no pertenece al grupo de direcciones IP del operador supuesto;
- Se han modificado los niveles contratados por el abonado;
- Se ha anulado el contrato del abonado;
- Se ha modificado la dirección del abonado;
- No se puede encontrar la información contractual del abonado.

Apéndice III

Aplicación práctica de la externalización masiva para la banda ancha fija

(Este apéndice no forma parte integrante de la presente Recomendación.)

Los problemas que encuentran los reguladores y operadores a la hora de recurrir a la externalización masiva no son los mismos en el caso de las redes fijas que en los entornos de redes móviles. En este apéndice se muestran los enfoques que pueden adoptarse a la hora de aplicar soluciones de externalización masiva para redes fijas.

III.1 Normas para la obtención de datos de CPE

A la hora de definir una solución para dispositivos CPE a fin de aplicar la externalización masiva a las redes de banda ancha fijas se pueden considerar las tres normas siguientes:

- i) Informe Técnico 069 del Foro de la Banda Ancha [b-BBF TR-069], "CPE WAN Management Protocol";
- ii) Informe Técnico 143 del Foro de la Banda Ancha [b-BBF TR-143], "Enabling Network Throughput Performance Tests and Statistical Monitoring"; y
- iii) Informe Técnico 471 del Foro de la Banda Ancha [b-BBF TR-471], "Maximum IP-Layer Capacity Metric, Related Metrics, and Measurements".

TR-069 es un protocolo de capa de aplicación para las comunicaciones entre los equipos de usuario extremo y los controladores centrales de los proveedores que ofrece un procedimiento normalizado para la gestión a distancia de los equipos en los locales del cliente (CPE). Este protocolo soporta funciones como la autoconfiguración, la gestión de imágenes de software o firmware y la gestión y estado de módulos de software. Los mecanismos de identificación incluidos permiten la configuración de los CPE basada en los requisitos de cada CPE específico o en criterios colectivos, como el fabricante, el modelo de dispositivo o la versión del software del CPE.

La arquitectura de TR-069 permite la gestión de dispositivos con el CPE en la pasarela de cliente y con los dispositivos de la red doméstica/profesional del cliente.

En un principio, TR-143 se diseñó como una herramienta que permitía a los operadores supervisar constantemente la calidad de funcionamiento de la red para evitar problemas y diagnosticarlos en su caso. El Informe Técnico contiene definiciones de los objetos del modelo de datos CPE para las pruebas de caudal de calidad de funcionamiento y la supervisión de los datos en la interfaz IP de los CPE mediante el mecanismo de diagnóstico definido en TR-069.

En el contexto de TR-143, la supervisión activa se describe como la transmisión o recepción activa de datos en una prueba controlada. En este sentido, las pruebas realizadas se centran en la capa de red y son independientes de la red de acceso subyacente. Además, se pueden soportar diagnósticos iniciados por la red y por los CPE. TR-471 es el producto más reciente del Foro de la Banda Ancha (BBF) en materia de supervisión activa y mediciones, mejorando los métodos de TR-143 para la evaluación del acceso a Internet de alta velocidad. TR-471 contiene directrices para el despliegue en IP Edge y CPE. Otros trabajos del BBF añaden el modelo de datos necesario para configurar y controlar las mediciones TR-471.

Los protocolos también ofrecen herramientas para gestionar componentes de aplicaciones o servicios opcionales específicos del CPE para los que se necesita un nivel de seguridad adicional, como los que se utilizan para realizar pagos.

En el contexto de la externalización masiva para la evaluación de las redes de banda ancha fijas, es posible aplicar los protocolos definidos en TR-069, TR-143 y TR-471 para recabar datos y obtener indicadores de QoS. De este modo se pueden utilizar los CPE existentes como dispositivos de

pruebas. No obstante, también pueden aplicarse las recomendaciones sobre obtención de datos por externalización masiva, incluidas las relativas al muestreo de datos, la programación de pruebas y el procesamiento de datos.

A continuación, se destacan las ventajas e inconvenientes de estos protocolos:

- Ventajas:
 - Las pruebas son independientes de la red de acceso subyacente.
 - El mecanismo de configuración permite una extensión futura directa para la configuración de servicios.
 - Muchos encaminadores ya soportan la norma TR-069 (más de 1 000 millones en todo el mundo), por lo que la implementación puede ser eficiente y rentable.
 - Si bien TR-069 se emplea principalmente para operadores, ya hay fabricantes que disponen de una herramienta TR-069 que puede reformularse para su utilización reglamentaria.
- Inconvenientes:
 - A pesar de la amplia disponibilidad de TR-069, es posible que los encaminadores antiguos no la soporten, lo que adquiere especial relevancia a la hora de considerar las zonas rurales.
 - Desde el punto de vista del regulador, puede resultar difícil llevar a cabo campañas de medición basadas en estos protocolos, pues exigen una estrecha colaboración con los operadores y los fabricantes.

III.2 Suministro de herramientas de medición de usuario extremo

Tanto los reguladores como los operadores pueden facilitar a sus usuarios herramientas de medición de usuario extremo, por ejemplo, pruebas de velocidad. Estas herramientas pueden obtenerse a través de un navegador web o instalarse en una computadora o dispositivo móvil. En este contexto el dispositivo móvil debe estar conectado por Wi-Fi al CPE que estará a su vez conectado a Internet mediante una tecnología de acceso fijo (por ejemplo, ADSL/fibra, etc.). La activación de estas herramientas suele ser automática o depender del usuario. La ventaja de este enfoque es que se trata de herramientas fáciles de utilizar y de entender por los usuarios extremos que ofrecen instantáneamente ayuda e información. A diferencia de las configuraciones de externalización masiva móviles, la fiabilidad de las mediciones puede verse influida por la existencia de un enlace inalámbrico entre el dispositivo cliente y el CPE. Las soluciones de externalización masiva pueden resolver este problema de diversas maneras:

- Evitar realizar pruebas en enlaces inalámbricos: Esto sólo es posible en computadores que tienen instalada una herramienta de prueba de velocidad en el sistema operativo que puede detectar si el usuario está conectado por Ethernet o por un enlace inalámbrico.
- La herramienta de medición del dispositivo de usuario extremo se conecta a una interfaz de programación de aplicación (API) específica presente en el CPE para determinar la calidad del enlace inalámbrico e informar al usuario extremo de si la prueba se ha visto afectada por dicho enlace. La API del CPE puede también ofrecer información adicional sobre la utilización del ancho de banda por otros dispositivos conectados al mismo CPE. Esta información es útil para ajustar los resultados de la medición a fin de compensar la capacidad adicional consumida por otros dispositivos o descartar por completo la medición.
- La herramienta de medición nativa que se ejecuta en la computadora o el dispositivo móvil puede evaluar el enlace inalámbrico local entre el dispositivo y el CPE a partir de los parámetros facilitados por el sistema operativo y realizar pruebas adicionales para validar los valores de caudal medidos. Otras mediciones activas adicionales que utilizan el protocolo UDP para medir, por ejemplo, la velocidad binaria de envío de paquetes IP, pueden estimar la capacidad del Wi-Fi e informar a los usuarios extremos de si el resultado de la prueba representa adecuadamente la velocidad de su conexión a Internet.

La manera en que la herramienta se ofrece al usuario influye en el tipo de datos que se pueden obtener del dispositivo y el estado de la red durante la medición. En el Cuadro III.1 se comparan los datos que pueden obtenerse en función del tipo de herramienta ofrecida.

Cuadro III.1 – Datos obtenidos con distintas herramientas

	<u>Herramienta basada en la web</u>	<u>Aplicación nativa</u>	<u>API en el CPE</u>
<u>Información del dispositivo</u>	<u>Limitados</u>	<u>Sí</u>	<u>Limitados</u>
<u>PSI del usuario</u>	<u>Sí</u>	<u>Sí</u>	<u>Sí</u>
<u>Tipo de conexión fija (por ejemplo, fibra/ADSL)</u>	<u>No</u>	<u>No</u>	<u>Sí</u>
<u>Plan contratado por el usuario (por ejemplo, 100 Mbit, 1 Gbit)</u>	<u>No</u>	<u>No</u>	<u>Sí</u>
<u>Modelo de encaminador</u>	<u>No</u>	<u>Sí</u>	<u>Sí</u>
<u>Lista de dispositivos conectados al CPE</u>	<u>No</u>	<u>limitados</u>	<u>Sí</u>
<u>Ancho de banda de tráfico cruzado local</u>	<u>No</u>	<u>limitados</u>	<u>Sí</u>
<u>Caudal Wi-Fi</u>	<u>No</u>	<u>Sí</u>	<u>Sí</u>
<u>Caudal Internet</u>	<u>Sí, pero pueden obtenerse resultados distintos en función de la herramienta</u>	<u>Sí, pero pueden obtenerse resultados distintos en función de la herramienta</u>	<u>Sí, pero pueden obtenerse resultados distintos en función de la herramienta</u>
<u>Capacidad de la capa IP Wi-Fi</u>	<u>No</u>	<u>Sí</u>	<u>Sí</u>
<u>Capacidad de la capa IP Internet</u>	<u>Sí</u>	<u>Sí</u>	<u>Sí</u>
<u>Latencia Wi-Fi</u>	<u>No</u>	<u>Sí</u>	<u>Sí</u>
<u>Latencia Internet</u>	<u>Sí, pero pueden obtenerse resultados distintos en función de la herramienta</u>	<u>Sí, pero pueden obtenerse resultados distintos en función de la herramienta</u>	<u>Sí, pero pueden obtenerse resultados distintos en función de la herramienta</u>
<u>Propiedades de la conexión Wi-Fi (frecuencia, canales, etc.)</u>	<u>No</u>	<u>Sí</u>	<u>Sí</u>
<u>Posibilidad de detectar limitaciones del dispositivo (por ejemplo, CPU, RAM)</u>	<u>No</u>	<u>Sí</u>	<u>No</u>

A partir del Cuadro III.1 puede llegarse a la conclusión de que una API en el CPE es la mejor opción para la externalización masiva fija, pues ofrece las mayores posibilidades de obtener datos. Sin embargo, también ha de tenerse en cuenta la complejidad que entraña el despliegue de esa solución para todos los usuarios que desean disfrutar del sistema.

Desde ese punto de vista, la solución más conveniente es la basada en la web, ya que puede desplegarse en una página web a la que pueden acceder fácilmente todos los usuarios.

Las aplicaciones nativas representan un buen equilibrio entre la cantidad de datos obtenidos y la complejidad del despliegue. Las aplicaciones nativas de varios sistemas operativos tienen un pequeño obstáculo que han de vencer los usuarios, pero, por norma general, los usuarios saben cómo instalar nuevos softwares en sus dispositivos.

Lo más difícil de desplegar es una API en el CPE, pues exige que los fabricantes de encaminadores o los PSI que facilitan los CPE a los usuarios integren esa API en todos y cada uno de los encaminadores. Las redes con una base de CPE más homogénea y con los modelos más modernos son las más adecuadas para utilizar las API. Los nuevos modelos de CPE tendrán mejores recursos disponibles para realizar nuevas funciones, además de mejores opciones para la actualización a distancia del firmware.

En el Cuadro III.1 se muestra una serie de datos que conviene obtener para los análisis agrupados y la extracción de conclusiones sobre la calidad de servicio. Hay, además, otros datos que sirven sobre todo para validar las mediciones mismas y que no resulta muy útil agrupar con los de otros dispositivos.

A continuación, se citan algunos ejemplos de datos útiles para los análisis agrupados:

- proveedor de servicios Internet (PSI) del usuario;
- tipo de conexión fija;
- plan contratado por el usuario;
- modelo de encaminador;
- caudal/latencia de Internet.

NOTA – Los datos sobre el caudal/latencia de Internet pueden obtenerse de diversas maneras en capas distintas, lo que puede dar lugar a resultados diferentes. Por consiguiente, se ha de procurar evitar la incoherencia de los resultados por mezclar distintos métodos de obtención de datos.

III.3 Despliegue masivo de sondas de hardware privado a los usuarios extremos

Los reguladores y operadores pueden optar por un despliegue masivo de sondas de hardware en los hogares de los clientes. Normalmente, una sonda es un dispositivo de hardware barato independiente que puede conectarse al CPE mediante una conexión Ethernet fiable. Una sonda de hardware realiza pruebas automáticas en segundo plano en la conexión del usuario y da cuenta de los resultados al operador del sistema de externalización masiva.

Las ventajas e inconvenientes de las sondas de hardware en la externalización masiva son las siguientes:

- Se pueden programar mediciones automáticas que conocen las condiciones de la red.
- Se pueden ejecutar fiablemente distintos tipos de mediciones en el hardware específicamente diseñado para ello.
- En comparación con otros métodos, las sondas de hardware resultan más caras, pues es necesario adquirir el hardware específico y enviarlo.
- Dados los problemas logísticos y de costes, no puede suponerse que todos los usuarios puedan beneficiarse del sistema, lo que, a su vez, puede limitar el tamaño de la muestra en términos de representatividad (en la cláusula 7.3.1 se dan directrices sobre el muestreo y la programación para la validación estadística).
- Hay una necesidad constante de mantener un grupo sostenible de usuarios, pues éstos pueden detener las mediciones o las sondas de hardware pueden funcionar erróneamente.

Bibliografía

- [b-UIT-T G.9961] Recomendación UIT-T G.9961 (2018), *Transceptores de red doméstica alámbricos de alta velocidad unificados – Capa de enlace de datos*.
- [b-UIT-T P.912] Recomendación UIT-T P.912 (2016), *Métodos de evaluación subjetiva de la calidad de vídeo para tareas de reconocimiento*.
- [b-UIT-T Y.1540] Recomendación UIT-T Y.1540 (2019), *Servicio de comunicación de datos con protocolo Internet – Parámetros de calidad de funcionamiento relativos a la disponibilidad y la transferencia de paquetes del protocolo Internet*.
- [\[b-CrowdWhitepaper\]](#) [Tobias Hoßfeld y Stefan Wunderer \(2020/03\), *White Paper on Crowdsourced Network and QoE Measurements – Definitions, Use Cases and Challenges*, eds., Würzburg, Alemania, doi: 10.25972/OPUS-20232.](#)
- [\[b-BBF TR-069\]](#) [Broadband Forum TR-069 \(2018/03\), *CPE WAN Management Protocol*.](#)
- [\[b-BBF TR-143\]](#) [Broadband Forum TR-143 \(2015/08\), *Enabling Network Throughput Performance – Tests and Statistical Monitoring*.](#)
- [\[b-BBF TR-471\]](#) [Broadband Forum TR-471 \(2020/07\), *Maximum IP-Layer Capacity Metric, Related Metrics, and Measurements*.](#)
- [b-Scheaffer] Scheaffer, Richard & Mendenhall, William & Ott, Lyman (2012), *Elementary Survey Sampling, 7th Edition, Cengage Learning*.

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
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	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