

# Análisis Comparativo de Diferentes Técnicas de Medición de Calidad de Servicio en una Red Móvil.

Nombre: Ismael Rojas Santacruz, Miguel Sánchez Meraz

Instituto Politécnico Nacional, ESIME Zacatenco

Email: [irojass1502@alumno.ipn.mx](mailto:irojass1502@alumno.ipn.mx) , [mmeraz@ipn.mx](mailto:mmeraz@ipn.mx)

URL ORCID: 0009-0003-3378-0285, 0000-0001-5887-9968

**Resumen**— En este trabajo se presentan los resultados de un análisis comparativo de dos diferentes técnicas de medición de la calidad de servicio de una red móvil LTE (4G). La primera se basa en walk test y la segunda en el uso de datos de crowdsourcing de la red. Este análisis toma como base la metodología establecida por el Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT) para evaluar el desempeño de una red LTE a nivel nacional. Este artículo presenta los resultados de la aplicación de la metodología usando las dos técnicas de medición, y se hace un análisis para identificar las ventajas y desventajas que incluyen criterios de representatividad geográfica, estadísticas de desempeño de la red, y otros criterios de evaluación relacionados con la ejecución práctica de las mediciones.

**Palabras Clave** — calidad de servicio, crowdsourcing indicadores, QoS, red móvil, walk test.

**Abstract**- This work presents the results of a comparative analysis of two different techniques for measuring the quality of service of an LTE (4G) mobile network. The first is based on the walk test technique and the second, on the use of crowdsourcing data from the network. The comparative analysis is based on the methodology established by the Federal Telecommunications Institute (IFT) to evaluate the performance of an LTE network at the national level. The results of the application of this methodology are presented using the two measurement techniques, and an analysis is made to identify the advantages and disadvantages that include geographic representativeness criteria, network performance statistics, and other evaluation criteria related to the practical execution of the measurements.

## I. INTRODUCCIÓN

Las telecomunicaciones son fundamentales para el desarrollo de las sociedades, tanto a nivel local, nacional como internacional. Facilitan la comunicación, el acceso a la información, educación, salud, comercio, entretenimiento, entre otros. Además, las telecomunicaciones son cruciales para la expansión de la infraestructura digital, el desarrollo de tecnologías emergentes, y, por ende, la mejora de la calidad de vida de las sociedades [1].

Para que esto sea posible, es importante considerar la conectividad requerida para cada necesidad, y una de las perspectivas iniciales es identificar la calidad de la comunicación utilizada.

En cuanto a la calidad de servicio (QoS) de las redes móviles hay distintos referentes a nivel internacional como la Unión

Internacional de Telecomunicaciones (ITU) que desarrolla recomendaciones de las cuales surgen indicadores de desempeño para métricas de evaluación de calidad de servicio en las telecomunicaciones [2].

Para el caso mexicano el ente regulador es el Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT) quien dictamina la normatividad para la administración, y uso de las telecomunicaciones [3]. Dichas evaluaciones además de optimizar los recursos de telecomunicaciones desean conocer y evaluar la satisfacción del usuario [4]. En la actualidad hay distintas formas de evaluar la calidad de servicio de una red móvil con tres perspectivas en general; la del usuario, la de la red y la del mercado. En este caso evaluamos la perspectiva de red a nivel usuario final que impacta en las otras dos perspectivas.

En este trabajo se evalúa a una red LTE (4G) de cobertura nacional. En esta evaluación se explora el desempeño de dos diferentes técnicas para obtener mediciones del desempeño de la red. Como elemento base para realizar la evaluación de esta red se usa una metodología establecida por el IFT, denominada en este trabajo como MIFT [5].

La MIFT tiene varios referentes internacionales siendo el que destaca, la recomendación ITU-T E.806 que incluye la descripción de una metodología estadística para realizar el muestreo de una red de telecomunicaciones. A través de esta metodología se determina el número de mediciones que deben realizarse en cada uno de los estratos en los que se segmenta la zona de cobertura de la red. El resultado de esta evaluación es representativo del desempeño de la red a nivel nacional [6]. En este trabajo se presentan los resultados de un análisis que compara los resultados de desempeño de la red cuando las mediciones son obtenidas a través de la técnica de *walk test* y cuando son obtenidas a través de la técnica de *crowdsourcing*.

## II. DESARROLLO

### A. Metodología IFT (MIFT)

La MIFT está segmentada en tres diferentes subprocesos (A, B y C). En el primero se determina la hora pico de tráfico de la red, el tamaño de la muestra o número de mediciones y la selección aleatoria o lugares donde se tomarán mediciones; el segundo subproceso incluye el dimensionamiento de los recursos, creación y asignación de rutas a equipos de trabajo,

ejecución del ejercicio de medición (donde se enfoca el análisis realizado en el presente trabajo) y postproceso de datos; finalmente, el tercer subproceso está enfocado en el análisis estadístico y la determinación de cumplimiento de un umbral de desempeño establecido para la red.

En el subproceso B, la MIFT establece el uso de la técnica de recolección de datos de la red a través de *walk test* que se ejecuta con el despliegue de cuadrillas de personas con equipos de medición especializados para recolectar muestras de la calidad de la red (tasas de transmisión de subida y bajada, entre otros) dentro de cobertura de la red. Para este trabajo, se implementa una técnica alternativa para obtener las mediciones denominada *crowdsourcing*. En la **Figura 1** se muestra un diagrama de los procesos a seguir para evaluar la calidad de servicio de la red mencionada donde se especifica la Ejecución del Ejercicio de Medición, que es la tarea específica en la que se realizará el comparativo de las dos técnicas de medición.



**Figura 1.-** Esquema de los subprocesos de la Metodología del IFT para evaluar la calidad de servicio de una red móvil de cobertura nacional.

La MIFT inicia con la determinación de la hora pico del tráfico de la red a nivel nacional para determinar los dos horarios, matutino y vespertino, donde la red tiene su uso máximo. En este caso como se muestra en la **Figura 2**, los horarios fueron 13hrs y 21hrs en hora central de México.



**Figura 2.-** Determinación de la hora pico de la RCM.

Posteriormente se determina el tamaño de la muestra o número de mediciones que deben realizarse en cada estrato (rural, suburbano y urbano) de la cobertura de la red. La estratificación de los municipios de México está definida por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) [7]. Este proceso inicia con la obtención del número de total de municipios donde se realizarán mediciones, a través de la **Ecuación 1**, definida por la MIFT.

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

La fórmula utiliza los valores de desviación estándar en cada estrato  $\sigma_i$ , el número de municipios que pertenecen a cada estrato  $N_i$ , el número total de municipios cubiertos  $N$ , el número total de estratos  $L$  (3) y un factor  $D$  que se calcula a partir del cuadrado de la cota de error de estimación  $B$  dividido entre 4, como se muestra en la **Ecuación 2**. Cabe mencionar que los valores se toman con base en la varianza y desviación estándar obtenidas de un ejercicio previo de medición, para este fue un ejercicio realizado en el año 2021.

Donde:

$$D = \frac{B^2}{4} \quad (2)$$

La aplicación final de las fórmulas anteriores define que, el tamaño de muestra será un total de 33 municipios: 5 urbanos, 8 suburbanos y 20 rurales, con un total de 40,552 muestras necesarias. Una vez definido lo anterior, se procede a la selección aleatoria de municipios donde realizar las mediciones, dando prioridad a los municipios con mayor población. La **Figura 3** es un mapa de la selección aleatoria de municipios donde se colectaron las mediciones determinadas por el tamaño de la muestra a través del uso de *walk test*.



**Figura 3.-** Mapa de la representatividad geográfica a nivel de municipios en los que se realizaron mediciones a través de la MIFT.

### B. Medición por Walk test

El proceso del ejercicio de medición es a través de *walk test* que consiste en recorrer una determinada área geográfica con un dispositivo móvil especializado registrando datos relacionados con la calidad de la señal, la velocidad de la conexión y otros parámetros de rendimiento de la red [8].

Una vez definida la información base como la selección aleatoria, hora pico y el tamaño de la muestra, se procede a crear y asignar rutas de las cuadrillas que saldrán a los distintos lugares, siguiendo un cronograma previamente diseñado. Esta evaluación se realiza una vez cada año, la duración de un ejercicio es variable ya que depende de múltiples factores; sin embargo, es aproximadamente de 3 meses de inicio a fin el tiempo de llevar a la práctica la MIFT a través de *walk test* (de lunes a domingo en los dos turnos de la hora pico de la red).

C. Medición por Crowdsourcing (CS)

El Crowdsourcing en telecomunicaciones se refiere a un conjunto de datos generados directamente por equipos terminales de los usuarios de una red, que ofrecen información de diferentes parámetros de desempeño de la red y que son usados principalmente para optimizar aspectos relacionados con la calidad del servicio entregado por la red. En la técnica de *crowdsourcing* los equipos terminales (teléfonos) de los usuarios finales obtienen de forma masiva información precisa y actualizada sobre la calidad del servicio, la cobertura de la red, el rendimiento de las aplicaciones, entre otros [9].

Para realizar un análisis comparativo, en esta técnica se usa la información previa calculada con la MIFT para el tamaño de la muestra (se habla de un mínimo, no de un máximo), la selección de hora pico, y la selección aleatoria. Se pueden seleccionar los mismos municipios u otros, mientras cumplan con los requerimientos técnicos de la MIFT. Cabe mencionar que, para *crowdsourcing* se consideraron todos los municipios de los cuales se tenían información de todo el año 2023. La **Figura 4** muestra las principales etapas de procesamiento de datos de *crowdsourcing* como técnica usada para ejecutar el ejercicio de medición del subproceso B de la MIFT.

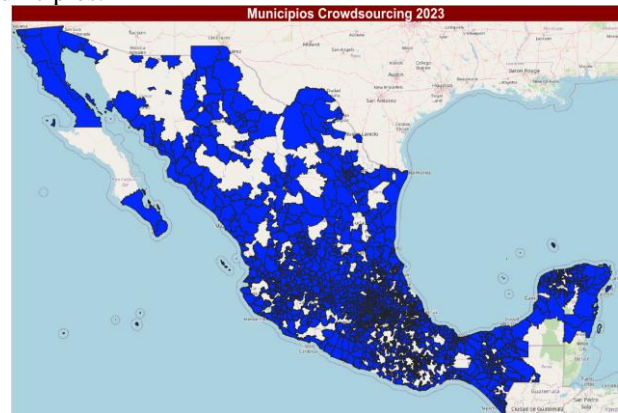


**Figura 4.-** Esquema utilizado para el proceso de la técnica de *Crowdsourcing* en la MIFT

Para obtener los datos de *crowdsourcing* se usan los datos que tiene disponibles el proveedor Ookla para el caso específico de la red que se está evaluando [10]. Esos datos se tienen que limpiar y clasificar para que cumplan con los requerimientos técnicos específicos de la MIFT, por ejemplo; que no sean mediciones en *itinerancia* (*roaming*), que no sobrepasen ciertos niveles de tasa de transmisión, eliminación de datos no funcionales, incluso completar datos faltantes, estratificar, entre otros.

Posteriormente se hace uso de distintas herramientas computacionales y software para procesar la información y hacer un último filtrado y clasificación para su análisis estadístico. En la **Figura 5** se muestra un mapa de los municipios en los que se tiene información de *crowdsourcing*,

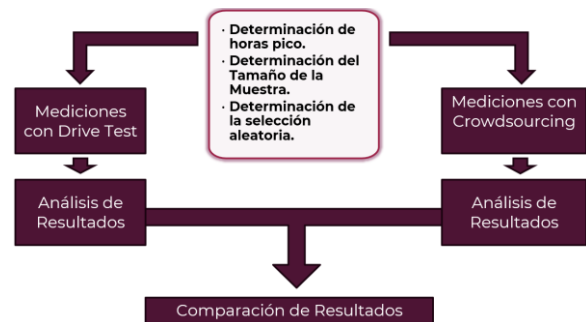
para la red bajo estudio, contabilizando un total de 1,708 municipios.



**Figura 5.-** Mapa de la representatividad geográfica a nivel de municipios de los que se obtuvieron datos a través de Crowdsourcing.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis comparativo de las dos técnicas de medición se realiza siguiendo el proceso mostrado en el diagrama de la **Figura 6**.



**Figura 6.-** Diagrama del proceso para generar un análisis comparativo de las dos técnicas de evaluación.

Para este análisis comparativo se utilizan los siguientes criterios de evaluación:

1. Estadísticas de desempeño.
2. Estadísticas de representatividad geográfica.
3. Proceso de medición.

Los resultados obtenidos de las estadísticas de desempeño para las tasas de transmisión de carga y descarga se muestran en la **Tabla 1**.

**Tabla 1.-** Resultados de desempeño de tasa de transmisión

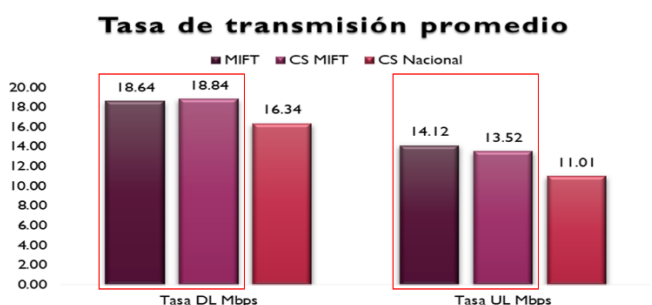
Desempeño promedio de tasas de transmisión en MBps				
Estrato	Walk test		Crowdsourcing	
	Descarga	Carga	Descarga	Carga
Urbano	10.88	3.56	17.99	12.66
Suburbano	19.68	30.89	18.24	12.55
Rural	19.51	14.51	15.18	9.98
<b>Promedio total</b>	18.64	14.12	16.34	11.01

Otros datos obtenidos fueron el número de mediciones ejecutadas por cada técnica aplicada que se pueden visualizar en la **Tabla 2**.

**Tabla 2.-** Resultados del tamaño de la muestra obtenidos por técnica.

Número de mediciones ejecutadas		
Estrato	Walk test	Crowdsourcing
Urbano	4,521	139,773
Suburbano	4,116	11,632
Rural	31,915	41,698
<b>TOTAL</b>	<b>40,552</b>	<b>193,103</b>

Finalmente, uno de los aspectos más importantes que es la diferencia de tasas de transmisión entre los resultados obtenidos con cada técnica se muestran en la gráfica de la **Figura 7**, donde la barra más oscura representa walk test (MIFT) y la siguiente barra (central) representa los valores promedio a través de *crowdsourcing* pero, filtrando únicamente los 33 municipios evaluados por *walk test*.



**Figura 7.-** Gráficas comparativas de tasas de transmisión a través de diferentes técnicas de muestreo.

#### IV. CONCLUSIONES

Durante la elaboración de este trabajo se visualiza la representatividad geográfica (tamaño de la muestra), donde *crowdsourcing* es superior a *walk test* con un total de 1,708 municipios con 193,103 mediciones ejecutadas contra 33 municipios con 40,552 mediciones ejecutadas. Por otra parte, en un periodo corto y con pocos municipios se pueden obtener más muestras en *walk test*, porque *crowdsourcing* está limitado a la base de datos suministrada por el proveedor, en cambio *walk test* no, pero, para esta circunstancia si se ejecutan más muestras el costo incrementa proporcionalmente. Ahora bien, aún con una limitación en el número de muestras obtenidas por *crowdsourcing*, se ofrecen resultados similares de tasas de transmisión que pueden ser comparables. Es decir, 18.64 Mbps contra 18.84 Mbps en descarga y 14.12 Mbps contra 13.52 Mbps de carga de *walk test* y *crowdsourcing* respectivamente. De manera general se puede afirmar que los resultados de desempeño obtenido por las dos técnicas de medición son similares. Por lo que los datos obtenidos a través de la técnica de recolección de *crowdsourcing* comprueban la viabilidad a un nuevo panorama que puede ser implementado para la MIFT en el ejercicio de medición.

#### AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue desarrollada en el marco del proyecto SIP 20250161 "Tecnologías habilitadoras para el despliegue soluciones de ciudades inteligentes".

#### REFERENCIAS

- [1] Smith, A., The Impact of Telecommunications on Global Economic Development, Journal of Technology and Society, Vol. 15, No. 3, 2020, pp. 45-58, disponible en: <https://doi.org/10.1234/jts.2020.01503>, consultado el 29 de enero de 2025.
- [2] Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), Quality of service regulation manual 2017, disponible en: [https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-d/opb/pref/D-PREF-BB.QOS\\_REG01-2017-PDF-E.pdf](https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/pref/D-PREF-BB.QOS_REG01-2017-PDF-E.pdf), consultado el 1 de diciembre de 2023.
- [3] Instituto Federal de Telecomunicaciones (2023), Métricas de satisfacción para servicios de telecomunicaciones, disponible en: <https://metricassatisfaccion.ift.org.mx/>, consultado el 29 de mayo de 2023.
- [4] Instituto Federal de Telecomunicaciones (2021), Metodología de Indicadores de Satisfacción de los Usuarios de Telecomunicaciones 2021, disponible en: <https://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/usuarios-y-audiencias/actualizaciondelametodologiadeindicadores.pdf>, consultado el 29 de mayo de 2023.
- [5] Instituto Federal de Telecomunicaciones, Metodología para evaluar el cumplimiento de las obligaciones de cobertura de la red compartida mayorista establecidas en su título de concesión, disponible en: <https://www.ift.org.mx/sites/default/files/conocenos/pleno/sesiones/acuerdologia/pift081117684.pdf>, consultado el 29 de mayo de 2023.
- [6] Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), Recomendación UIT-T E.806(02/2019), disponible en: [https://www.itu.int/rec/dologin\\_pub.asp?lang=f&id=T-REC-E.806-201906-I!!PDF-S&type=items](https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=f&id=T-REC-E.806-201906-I!!PDF-S&type=items), consultado el 29 de mayo de 2023.
- [7] INEGI, Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en Hogares 2021, disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/dutih/2021/>, consultado el 29 de mayo de 2023.
- [8] Sarma, A. y Khan, M., Performance Evaluation of LTE Networks Using Drive Test and Walk Test Methods, Journal of Communications and Networks, Vol. 19, No. 1, 2017, pp. 39-45, disponible en: <https://doi.org/10.1109/JCN.2017.00007>, consultado el 14 de febrero de 2025.
- [9] Hossain, M. y Kauranen, I., "Crowdsourcing: a comprehensive literature review," Strategic Outsourcing: An International Journal, Vol. 8, No. 1, 2015, pp. 2-22, disponible en: <https://doi.org/10.1108/SO-12-2014-0029>, consultado el [fecha de consulta].