

---

# ANÁLISIS Y MONITORIZACIÓN DEL INTERFAZ AIRE DE LAS OPERADORAS CELULARES EN EL CAMPUS DE LA E.S.P.E PARA DETERMINAR LA CALIDAD DE SERVICIO.

Juan Carlos Minango Negrete  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones  
juan\_k\_a20@hotmail.com

***Resumen. El presente artículo se ha enfocado en proporcionar información acerca de la Calidad de Servicio y Cobertura proporcionado por las operadoras celulares en el campus de la E.S.P.E, teniendo en consideración la accesibilidad de red e integridad del servicio. Además se contempla la monitorización en tiempo real de la interfaz aire tanto en modo inactivo como en servicio de voz y datos mediante el uso del software TEMS Pocket 7.0. Posteriormente se realiza el post-procesamiento de los datos resultantes de la monitorización con el respectivo análisis por medio del software TEMS Investigation, a fin de determinar la Calidad de Servicio tanto de voz como de datos ofrecido por las operadoras celulares en el campus de la E.S.P.E***

***Palabras clave: TEMS, GSM, EGPRS, WCDMA, HSDPA, throughput.***

## I. INTRODUCCIÓN

La densidad telefónica a nivel de telefonía móvil celular terrestre, tanto en el entorno local, nacional e internacional es de

casi el 100 %. En el Ecuador existe un teléfono celular por cada habitante.

Hoy en día utilizamos nuestro teléfono celular no solo para realizar llamadas telefónicas sino para acceder a múltiples aplicaciones con tasas de transmisión mayores y recursos radio mejor aprovechados. Uno de los métodos para verificar el nivel de satisfacción de los usuarios de telefonía móvil, son las pruebas de campo, que se las realiza a través de mediciones de la calidad de la interfaz aire, y que permiten a las operadoras, o a los entes reguladores conocer la calidad del servicio de telefonía móvil desde la perspectiva del usuario. Estas mediciones se desarrollan con equipos especiales que tienen la capacidad de medir y almacenar los valores de los parámetros de la interfaz aire y realizar un análisis posterior que indiquen el desempeño de la red.

## II. DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS DE CAMPO

### II.1. Descripción Equipos

El sistema utilizado para realizar las mediciones consta de: software TEMS

Investigation de post-procesamiento, teléfono móvil celular con software de ingeniería instalado denominado TEMS Pocket, el cual mide los parámetros de desempeño de la interfaz aire y los almacena en la memoria interna del teléfono para posteriormente transmitirlos al computador, el TEMS Pocket puede interactuar con un GPS (*Global Positioning System*) a fin de referenciar geográficamente los parámetros de la señal, el GPS se conecta al teléfono por medio de una interfaz *BlueTooth*.

Las bases de datos generadas durante la medición por medio del TEMS Pocket son exportadas y analizadas en el software TEMS Investigation, este software combina en un solo producto las siguientes opciones:

- Recolección de datos,
- Análisis en tiempo real y
- Post-procesamiento.

De esta última opción se hace uso para el análisis de la monitorización realizada en el campus de la E.S.P.E.

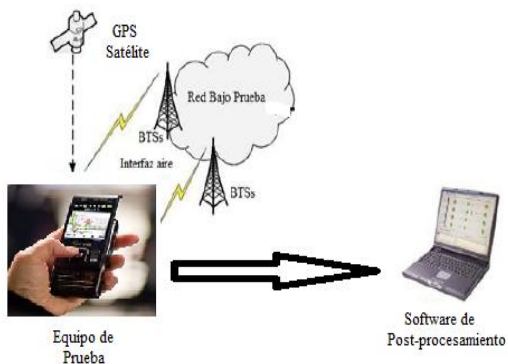


Figura 1. Pruebas de mediciones de campo

## II.2. Procedimiento

Para la realización de las mediciones se establecieron dos rutas, las cuales pueden ser observadas en la figura 2.

El TEMS Pocket nos permite la medición de la interfaz aire en las plataformas GSM y WCDMA; razón por la cual:

- Para la operadora Porta y Movistar se realizó mediciones en las plataformas 2G (GSM/GPRS/EDGE) y 3G (WCDMA/HSDPA); las cuales son usadas por estas operadoras para brindar servicios de voz y datos.
- Para la operadora estatal Alegro, al implementar servicios de GSM mediante el modelo de MVNO utilizando la red de Movistar, se realizó mediciones de la interfaz aire para servicios de voz en GSM.



Figura 2. Rutas para las mediciones de campo

**II.2.1. Procedimiento servicio de voz.** El TEMS Pocket genera de forma automática llamadas de prueba que tienen una duración de 40 segundos, y tiempo de espera entre cada llamada de 30 segundos, durante este período los parámetros de la interfaz aire son

medidos y almacenados. Las llamadas se realizaron a usuarios de la misma operadora y que se hallan dentro del campus de la E.S.P.E.

**II.2.2. Procedimiento servicio de datos.** El TEMS Pocket permite la realización manual de pruebas de servicio de datos, tales como WAP / HTTP. Para el caso de servicio de datos se utilizó el navegador WAP del móvil para acceder a varias páginas Web, emulando de esta manera la búsqueda y navegación de un usuario común a través del Internet.

**II.2.3. Procedimiento para las mediciones de cobertura.** Las mediciones de cobertura, tanto en 3G como en 2G, se realizaron con el teléfono móvil en estado libre “*idle*”, es decir sin ningún tipo de acción de voz o datos; mediante esta medición se evaluaron parámetros referentes al nivel de potencia recibido en el móvil.

Luego de realizar las mediciones, los parámetros son exportados para el análisis mediante las estadísticas del caso a través del software de post-procesamiento.

### III. CALIDAD DE SERVICIO

La calidad en general es el grado en el cual un conjunto de características inherentes satisfacen requerimientos, por tal razón gestionar la calidad es uno de los aspectos más importantes en el diseño de redes de telefonía móvil, así como de los servicios que se prestan en ellas. No obstante, dependiendo de los elementos implicados, se puede diferenciar el concepto de calidad (ver Figura 3), de tal forma que encontramos la calidad desde el punto de

vista del cliente y la calidad desde el punto de vista de la red.

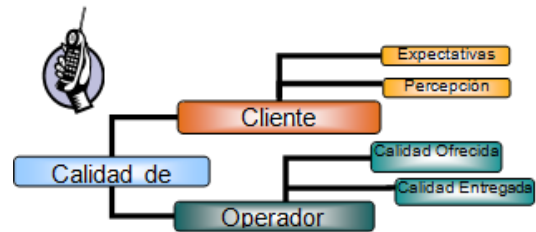


Figura 3. Clasificación de QoS

Desde el punto de vista del cliente, la calidad se entiende como la satisfacción de éste; en cambio desde el punto de vista de la red, la calidad es el resultado de las prestaciones ofrecidas por cada una de las partes implicadas; esto es, los terminales, la red de acceso, la red de transporte y los servicios.

En esta sección se pueden identificar tres aspectos que conforman la calidad de servicio y los cuales son a su vez medidos:

**III.1. Accesibilidad de la red.** Se refiere a la disponibilidad de recursos de red suficientes para conectarse a un servicio. En este aspecto se incluye el parámetro:

- *Intensidad de campo en el área de cobertura de la celda.* Depende de la posición del terminal móvil dentro de la celda e indica la zona de cobertura que tiene cada celda de la red de telefonía móvil. La falta de cobertura temporal o permanente de la red en una determinada ubicación es una de las causas más frecuentes de pérdidas de calidad por parte de la red móvil. El parámetro que indica la cobertura de un terminal móvil es el RxLev en la

plataforma GSM y el RSCP en la plataforma UMTS.

**III.2. Accesibilidad del servicio.** Incluye los aspectos relacionados con la disponibilidad del servicio: tiempo de acceso, etc. En este segundo caso se incluye el parámetro:

- *Tiempo promedio de espera para establecer una llamada.* Tiempo promedio medido en segundos, transcurrido entre el instante en que el usuario/cliente acciona el pulsador de envío de llamada luego de marcar el número seleccionado y la recepción del tono de control de llamada, para las llamadas de voz se ha establecido un tiempo de establecimiento de llamada de 10 segundos máximos [1].

**III.3.3. La integridad del servicio.** Se refiere a la calidad ofrecida durante el uso del servicio: caídas, calidad de voz, throughput, etc. Este aspecto incluye parámetros como:

- *La caída del servicio.* Una caída de un servicio significa la imposibilidad de continuar accediendo a él tras establecerse la comunicación en un primer momento, en este sentido tenemos el porcentaje de llamadas caídas o bloqueadas, el cual debe ser de un 2% máximo [1].
- *La efectividad del servicio.* Porcentaje de accesos al servicio realizado y completado satisfactoriamente, frente a la totalidad de los accesos realizados; para el servicio de voz se considera un porcentaje de llamadas logradas o completadas  $\geq 90\%$  [1].
- *La calidad de la señal de voz.* Permite valorar la calidad de la señal de voz recibida por el Terminal móvil en cada instante, y constituye por tanto una indicación del estado de la calidad de la red. En el caso de GSM se indica con el parámetro RxQual el

cual reporta los valores del BER (*Bit Error Rate*) de acuerdo a la escala que se muestra en la Tabla 1, y con el parámetro del FER que indica el porcentaje de tramas descartadas y el cual tiene una estrecha relación con la calidad de la voz recibida por los usuarios; y en WCDMA con el parámetro  $E_c/N_o$  y SQI-MOS la cual es una medición de calidad de voz mediante la comparación de la señal de voz recibida en el terminal y la señal original. El valor del MOS está comprendido entre uno y cinco, siendo uno la calidad más baja y cinco la más alta.

**Tabla 1. Escala de RXQUAL [2]**

Clase de RxQual	BER	Calidad
0	< 0.2 %	Buena Calidad
1	0.2 - 0.4 %	
2	0.4 - 0.8 %	
3	0.8 - 1.6 %	
4	1.6 - 3.2 %	
5	3.2 - 6.4 %	Mala Calidad
6	6.4 - 12.8 %	
7	> 12.8 %	

- *La calidad de la transmisión de datos.* Permite valorar la calidad en la transmisión de archivos (datos). Se mide mediante la tasa de bloques errados BLER.
- *La velocidad de acceso a un servicio o velocidad de transmisión (throughput).* Cantidad de bits por segundo que se miden en una determinada transmisión durante el tiempo que dura la conexión.

#### IV. ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS.

En base a los parámetros previamente establecidos, a continuación se presentan los resultados obtenidos luego del post-procesamiento a través del TEMS Investigation y el análisis correspondiente de dichos resultados.

Esta sección es dividida en dos partes, la primera se presentan y analizan los resultados obtenidos de cada una de las operadoras al hacer uso de 2G (GSM) / 2.5G (GPRS) en lo referente a servicios de voz y datos respectivamente; la segunda parte se halla compuesta por los resultados y el análisis correspondiente a 3G (WCDMA) / 3.5G (HSDPA) tanto en servicios de voz y datos, proporcionados por las operadoras que hacen uso de esta plataforma.

##### IV.1.1. Interfaz Aire 2G(GSM) / 2.5G(GPRS)

###### Servicio de Voz

En la Tabla 2 se da a conocer la cantidad de llamadas de voz realizadas a lo largo de la monitorización en el campus de la E.S.P.E, donde se puede apreciar que la operadora que presento llamadas bloqueadas fue Movistar, con respecto a Porta y Alegro no se registraron eventos que me den como resultado llamadas pérdidas o bloqueadas.

Tabla 2. Llamadas de Prueba en GSM

	Intentos de Llamadas	Asignación de Llamadas	Llamadas Bloqueadas o Caídas
<b>Movistar</b>	69	67	2
<b>Alegro</b>	71	71	0
<b>Porta</b>	66	66	0

##### a) Integridad del servicio.

Tabla 3. Parámetros Integridad de Servicio en GSM

	% Llamadas Caídas o bloqueadas	%Llamadas logradas o completadas	Calidad de voz	
			% RxQual < 5	FER < 4.2%
<b>Movistar</b>	2.89	97.1	80.97	3.01
<b>Alegro</b>	0	100	79.94	4.27
<b>Porta</b>	0	100	96.71	0.16

Como puede apreciarse en la Tabla 3, Porta es la que presenta mejores niveles con respecto a RxQual y FER, este último al estar ligado con la calidad de voz se vio reflejado en las llamadas realizadas una diferencia notable en cuanto a las llamadas de voz de Porta con respecto a Movistar y Alegro. También se puede observar que Alegro presenta un rendimiento inferior que Movistar, y a pesar de eso no se registraron llamadas bloqueadas o pérdidas en esta operadora, esto se debe a que Alegro tiene un número bajo de usuarios con lo cual el valor de C/I es inferior, en cambio este parámetro si afecta notablemente a Movistar en la calidad de voz.

## b) Accesibilidad del Servicio.

Tabla 4. Parámetro Accesibilidad del Servicio en GSM

	%Tiempo < 10s para establecer una llamada
Movistar	95.52
Alegro	94.36
Porta	100

c) **Accesibilidad de la Red.** Dentro de este parámetro, lo que se toma en consideración es la intensidad de campo en área de cobertura, para lo cual el 95% de los casos de medición en el área de cobertura de cada radiobase se deberá cumplir con valor objetivo  $\geq -93$  dBm (RxLevel) [1].

Tabla 5. Parámetro Accesibilidad de la Red en GSM

	% Cobertura con muestras $\geq -93$ dBm (RxLevel)
Movistar	95.16
Alegro	94.87
Porta	100

Alegro es la operadora que no llega a cumplir con lo establecido en accesibilidad de la red descrito en [1].

En la Figura 4 y 5 se da a conocer información procedente de la monitorización de la interfaz aire a través del TEMS Pocket, así como el RxLevel del post-procesamiento para la operadora Porta.

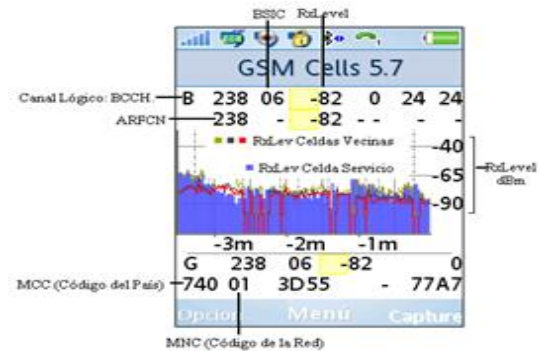


Figura 4. Información recolectada de la interfaz aire por medio del TEMS Pocket, operadora Porta, plataforma GSM

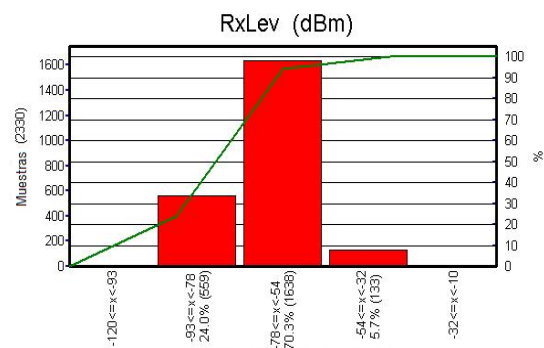


Figura 5. RxLev obtenido en el campus de la E.S.P.E, operadora Porta plataforma 2G

## Servicio de Datos

Mediante la monitorización de la interfaz aire para servicios de datos y con el post-procesamiento se observó que las operadoras Movistar y Porta soportan las plataformas GPRS y EGPRS (EDGE), hay que señalar que la plataforma de acceso seleccionada de forma automática por el terminal móvil fue EDGE, en cada una de las operadoras mencionadas anteriormente.



Se realizó el análisis de las operadoras Movistar y Porta, hay que señalar que las mediciones del servicio de datos a la operadora Movistar pueden ser considerados de igual forma para abonados de Telecsa S.A. - Alegro debido a que se trata de la misma red de acceso, y los problemas de la operadora se reflejarían en problemas hacia abonados de ambas operadoras.

**a) Integridad del servicio.** En este aspecto se incluyen los parámetros concernientes a *throughput* a nivel de la capa RLC tanto en el enlace descendente como ascendente; además el BLER de igual forma a nivel de la capa RLC.

- **Velocidad de acceso a un servicio o velocidad de transmisión (*throughput*).**

**Tabla 6. Throughput Servicio de Datos EGPRS (Downlink)**

	DOWNLINK				
	RLC Throughput Amplitud Variación (kb/s)	RLC Throughput Promedio (kb/s)	RLC Throughput (%)	Esquema Codificación	Timeslot Utilizado
Movistar	0 - 235.214	48.66	35.15	MCS: 3,4,6,9	3
Porta	0 - 244.723	70.65	41.94	MCS: 1-9	3

**Tabla 7. Throughput Servicio de Datos EGPRS (Uplink)**

	UPLINK				
	RLC Throughput Amplitud Variación (kb/s)	RLC Throughput Promedio (kb/s)	RLC Throughput (%)	Esquema Codificación	Timeslot Utilizado
Movistar	0 - 61.836	4.80	13.27	MCS: 1,3,6,9	2
Porta	0 - 51.743	6.04	25.74	MCS: 6,7,8,9	2

En la Tabla 6 y 7, el parámetro *throughput* dado en kb/s hace referencia al promedio obtenido del total de las muestras

en la monitorización, mientras que el parámetro de RLC *throughput* en %, indica el porcentaje en el cual el *throughput* se aproxima al valor teórico tomando en consideración: el esquema de codificación, y el número de *timeslots*, que se describen también en las tablas mencionadas; en este aspecto se observa un bajo rendimiento por parte de las dos operadoras ya que los valores no llegan ni al 50% de lo teórico de acuerdo al esquema de codificación y *timeslots* utilizados, este bajo rendimiento se da tanto en el enlace descendente como ascendente.

- **La calidad de la transmisión de datos.**

**Tabla 8. BLER Servicio de Datos EGPRS**

	RLC BLER (%) Downlink	RLC BLER (%) Uplink
Movistar	22.45	49.68
Porta	12.41	71.84

El BLER es un indicador que permite caracterizar la calidad de la interfaz aire de la red GPRS/EGPRS. El BLER se calcula como la tasa de radio bloques retransmitidos con respecto al total (transmitidos y retransmitidos). Dada la utilización de un determinado MCS, si el BLER es superior al 10% [3], se debe pasar a un esquema de codificación de mayor redundancia; en este sentido tanto la operadora Movistar como Porta poseen porcentajes altos de BLER principalmente en el uplink, el BLER presentado por Porta en el downlink se acerca a un valor aceptable, en cambio que para Movistar resulta un BLER no aceptable; como conclusión podemos sacar que en servicios de datos se tiene una mala QoS dentro del campus de la E.S.P.E.

#### IV.1.2. Interfaz Aire 3G (WCDMA) / 3.5G (HSDPA)

##### Servicio de Voz

La Tabla 9, refleja la cantidad de llamadas de voz realizadas a lo largo de la monitorización para la interfaz aire WCDMA en el campus de la E.S.P.E, donde se aprecia que no se registraron eventos que me den como resultado llamadas pérdidas o bloqueadas, este análisis fue realizado para las operadoras Movistar y Porta que hacen uso de esta plataforma en 3G.

**Tabla 9. Llamadas de Prueba en WCDMA**

	Intentos de Llamadas	Asignación de Llamadas	Llamadas Bloqueadas o Caídas
Movistar	70	70	0
Porta	64	64	0

##### a) Integridad del servicio.

**Tabla 10. Parámetros Integridad de Servicio en WCDMA**

	% Llamadas caídas o bloqueadas	% Llamadas logradas o completadas
Movistar	0	100
Porta	0	100

En la Tabla 10, se puede observar que el porcentaje de llamadas caídas o bloqueadas y de llamadas logradas es perfecto y cumple de manera satisfactoria con lo expresado en [1]. El parámetro que nos determina la calidad de voz en WCDMA se lo puede apreciar en la Tabla 11. Porta es la que presenta una mejor calidad de voz con respecto a las llamadas realizadas, ya que la calidad de voz ofrecida por esta operadora se

halla entre niveles Regulares y Excelente, mientras que Movistar solamente en un 13% tiene un nivel bueno de calidad de voz. La clasificación de SQI-MOS se lo puedo apreciar de mejor manera en [4].

**Tabla 11. Parámetros Calidad de Voz SQI-MOS en WCDMA**

	Calidad de Voz SQI-MOS				
	Mala	Pobre	Regular	Buena	Excelente
Movistar	28%	28%	31%	13%	0%
Porta	0%	1%	48%	51%	0%

##### b) Accesibilidad del Servicio.

**Tabla 12. Parámetro Accesibilidad del Servicio en WCDMA**

	%Tiempo < 10s para establecer una llamada
Movistar	100
Porta	100

**c) Accesibilidad de la Red.** En un 95% de los casos de medición en el área de cobertura de cada radiobase se deberá cumplir con valor objetivo  $\geq -95$  dBm (RSCP).

**Tabla 13. Parámetro Accesibilidad de la Red en WCDMA**

	% Cobertura con muestras $\geq -93$ dBm (RSCP)
Movistar	93.89
Porta	100

Movistar no llega a cumplir con el valor objetivo en el 95% de los casos.

La figura 7, se presenta información recolectada a través del TEMS Pocket a nivel



de la interfaz aire, mientras la figura 8 indica el RSCP del post-procesamiento para la operadora Movistar.

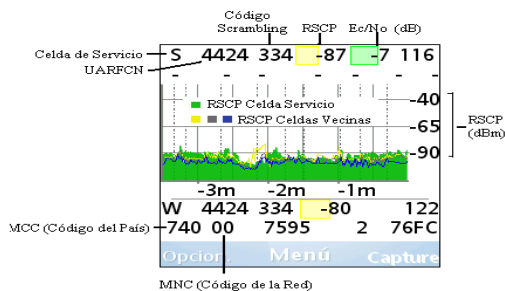


Figura 7. Información recolectada de la interfaz aire por medio del TEMS Pocket, operadora Movistar, plataforma WCDMA

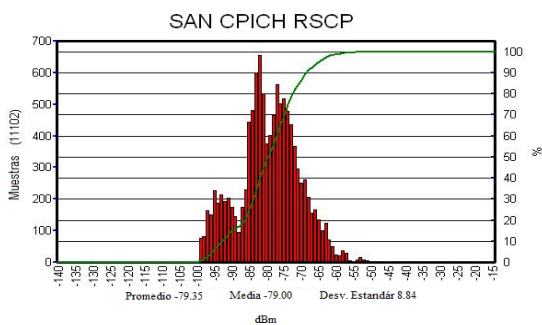


Figura 8. RSCP obtenido en el campus de la E.S.P.E, Operadora Movistar plataforma 3G

El parámetro  $Ec/No$ , el cual representa la relación de la energía por chip ( $Ec$ ) recibida dividida para la densidad de potencia ( $No$ ) en la banda de operación expresado en dB, es usado junto a RSCP para la determinación de posibles causas en lo referente a llamadas caídas, con lo cual un valor de  $Ec/No$  que satisfaga una red UMTS debe ser  $\geq -15$ dB.

Tabla 14. Parámetro  $Ec/No$  en WCDMA

	% Muestras $Ec/No \geq -15$ dB
Movistar	93.89
Porta	100

De acuerdo a la tabla 14, ambas operadoras cumplen a cabalidad con el parámetro  $Ec/No$ .

### Servicio de Datos

En servicios de datos y con el post-procesamiento se observó que las operadoras Movistar y Porta hacen uso de la plataforma HSDPA, y según esto obtuvimos:

a) **Integridad del servicio.** Incluye los parámetros de *throughput* del canal de transporte HS-DSCH, así como también el BLER de dicho canal.

En el análisis de servicios de datos en HSDPA se toma en consideración el enlace descendente.

- **Velocidad de acceso a un servicio o velocidad de transmisión (*throughput*).**

Tabla 15. Throughput Servicio de Datos HSDPA

	DOWNLINK			
	HS-DSCH Throughput kb/s	Amplitud Variación Throughput	% Utilización QPSK	% Utilización 16QAM
Movistar	118.59	0 - 1024 kb/s	84	16
Porta	74.22	0 - 943 kb/s	68	32

La Tabla 15, nos informa que tanto la operadora Movistar como Porta presenta un promedio de *throughput* muy bajo con respecto a la teoría de HSDPA, cabe

mencionar que su amplitud de variación comprende un rango amplio en kb/s del *throughput* ofrecido por las operadoras pero un alto nivel de *throughput* no es registrado de forma continua, lo que radica en el promedio de dicho parámetro; además el esquema de modulación más utilizado por las dos operadoras es QPSK.

#### - La calidad de la transmisión de datos.

Tabla 16. BLER Servicio de Datos HSDPA

	HS-DSCH BLER (%) Downlink
Movistar	6.73%
Porta	6.68%

El BLER del canal de transporte HS-DSCH, está basado en la evaluación del CRC de cada bloque de transporte asociado con el canal de transporte medido después de la combinación del enlace de radio. El BLER es calculado sobre un periodo de medición como la razón entre el número de bloques de transporte recibidos con errores CRC y el número de bloques de transporte recibidos. En este sentido se tienen niveles aceptables de BLER, hay que indicar que una de las características del HSDPA representa el HARQ con lo cual el valor de BLER una vez que se ha solicitado el proceso de HARQ llega a ser del 0%, lo cual demuestra la efectividad de esta tecnología para servicios de datos.

## V. CONCLUSIONES

- Analizando los mapas de las rutas seguidas en el campus de la E.S.P.E, en cuanto a cobertura es posible determinar las zonas que presentan bajos índices de desempeño, a fin de corregirlos.

- Realizando el análisis de las mediciones junto con el diseño de la red es posible determinar el problema que causa un mal desempeño de la red, como altos niveles de interferencia, bajos niveles de potencia o una calidad baja en cuanto a voz y datos.
- Mediante el análisis de los indicadores de calidad del servicio, vistos en la sección tres, se obtiene una calificación del desempeño en el campus de la E.S.P.E, y de esta manera permitir a la operadora obtener una imagen de la percepción de los usuarios con el servicio móvil celular; la operadora determinará si está cumpliendo con los objetivos propuestos o si debe implementar mejoras en la red para incrementar su desempeño. Un organismo regulador también puede valerse de estos índices para realizar intervenciones a las operadoras a fin de controlar la QoS a nivel de servicios de voz y datos.

## VI. RECOMENDACIONES

- La medida de la calidad de servicio es necesaria para garantizar que el usuario reciba un buen nivel en los servicios que contrata y que estos vayan acorde con los organismos de regulación del Ecuador encargados de velar por los intereses de los usuarios.
- Es recomendable que las operadoras evalúen constantemente su red para garantizar un óptimo servicio al usuario.

## VII. REFERENCIAS

- [1] Norma de Calidad de los Servicios de Telecomunicaciones 2006, CONATEL.
- [2] FER, RXQUAL, and DTX DL Rate Measurements in TEMS™ Investigation GSM, Ericsson TEMS Technical Paper.
- [3] Packet Delay Analysis in GPRS Systems, Dipartimento di Elettronica, Politecnico di Torino, 2003, Marco Ajmone, Paola Laface, Michela Meo.
- [4] User Description, Speech Quality Supervision. Ericsson AB 1999, 2004, 2005.
- [5] TEMS Investigation 10.0.2, Technical Product Description, ASCOM.
- [6] TEMS™ Pocket 7.0 for Sony Ericsson C905/C905a, ASCOM.
- [7] Especificación 3GPP TS 23.207. Página Internet [www.3gpp.org](http://www.3gpp.org).

## VIII. BIOGRAFÍA



**Minango Negrete Juan Carlos**, nació en la ciudad de Quito el 29 de Noviembre de 1987, obtuvo su bachillerato en el Colegio Técnico “Don Bosco”.

Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones de la Escuela Politécnica del Ejército (2011). Sus áreas de interés, son comunicaciones móviles, comunicaciones inalámbricas, y sistemas embebidos.



**Ing. Darío Duque Cajas**, nació en Quito, el 9 de diciembre de 1962 y obtuvo su título de Ingeniero Electrónico en 1988 en la ESPE.

Máster en Comunicaciones Móviles 2004, Politécnica de Catalunya España. Áreas de interés: comunicaciones móviles y telefonía digital.



**Ing. José Robles Salazar**, nació en Quito, sus estudios universitarios los realizó en la Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) (1970-

1978), Porto Alegre, Brasil, donde obtuvo el título de Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones.

