

# Variabilidad temporal de la radiación Up link de telefonía móvil celular en la banda de 850 MHz

**Temporal Variability of the Up Link Radiation from the 850  
MHz Band Mobile Services**

Recibido: 10 de noviembre de 2014 • Aceptado: 26 de marzo de 2015

Para citar este artículo: C. Lezama, F. Téllez y J. Lizarazo, « Variabilidad temporal de la radiación Up link de telefonía móvil celular en la banda de 850 MHz », Ingenium, vol. 16, n.º 32, pp. 32-41, junio, 2015.



Carlos Arturo Lezama Márquez\*  
Fabio Elberto Téllez Barón\*\*  
Juan Carlos Lizarazo\*\*\*

## Resumen

El presente artículo expone y analiza los resultados de la medición de la variabilidad temporal del campo eléctrico generado por el usuario (Up Link), por el uso de teléfono móvil celular en la banda de voz 850 MHz. En la actualidad se realiza un estudio piloto midiendo la variabilidad temporal del campo eléctrico (V/m).

La metodología de medición usada fue tomada y adaptada según las recomendaciones existentes para estaciones base, dadas por el Sector de Normalización de las Telecomunicaciones (UIT-T), bajo la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), con base en las normas UIT-T K.61 y la UIT-T K.52.

Se logró observar la correlación entre la densidad de población de estudiantes con la intensidad de campo eléctrico del Up Link, siendo en varios casos superior a la intensidad de campo eléctrico del Down Link.

\* M.Sc. Science, Electrical Engineering, University of Connecticut, USA, Grupo de Investigación: Electromagnetismo salud y calidad de vida. E-mail: lezamacarlos@unbosque.edu.co

\*\* Especialista en Filosofía de la ciencia, Universidad El Bosque, Grupo de Investigación: Electromagnetismo salud y calidad de vida. E-mail: tellezfabio@unbosque.edu.co

\*\*\* M.Sc. Fisiología Humana, Universidad Nacional de Colombia. Grupo de Investigación: Electromagnetismo salud y calidad de vida. E-mail: lizarazojuan@unbosque.edu.co

## Palabras clave

Variabilidad temporal, Radiación electromagnética, Up Link, celular móvil

## Abstract

This paper presents preliminary results of the measurement of electromagnetic radiation on the 850 MHz cellular Up Link band. The methodology for the measurements is the same as described by the ITU Recommendation T - K 61 and recommendation T - K 52. At the end, strong correlation is observed between student population and Up Link RF power measures being some times higher than those of the Down link.

## Keywords

Temporal variability, electromagnetic radiation, Up Link, cell

## I. Introducción

El programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad, en el marco de la línea de investigación Efectos de los Campos Electromagnéticos en la Salud y Calidad de Vida, adelanta actualmente el proyecto de investigación Mapa de Radiación Electromagnética en Centros Educativos y de Salud de la Localidad de Usaquén, aprobado en la convocatoria interna de la Universidad El Bosque del año 2013. El proyecto en mención vio la necesidad de realizar el estudio piloto titulado: *Variabilidad Temporal, de la Radiación Electromagnética de Telefonía Móvil Celular Up Link en la Banda de 850MHz en el Campus sede de Usaquén.*

Esta necesidad surgió de la observación del aumento de la radiación medida en presencia de estudiantes usando sus dispositivos portátiles en la celda de medición.

En Colombia, durante la última década, varias Universidades han elaborado estudios sobre la radiación electromagnética de las estaciones de telefonía celular. A nuestro conocimiento, ninguno de esos estudios se enfocó en la generación de radiación Up Link que afecta al usuario.

Los primeros intentos se realizaron por La Universidad Pedagógica y Tecnología de Colombia, (Rosas y Mejía, 2005), y por la Universidad del Valle, (Aponte et al., 2007), quienes hicieron mediciones en campo abierto (outdoor) con antenas isotrópicas bajo las recomendaciones de las normas de UIT (UIT-T K52, 2004), (UIT-T K61, 2008) y (UIT-T K83, 2009).

## II. Materiales y métodos

Los requerimientos para medición de variabilidad temporal corresponden a: realizar mediciones a 1.5m de altura, tiempo de promediación de 6 minutos, medición de campo eléctrico lineal (V/m), todo lo anterior de acuerdo con la norma UIT-T K 61, generando un almacenamiento de 15,000 datos por archivo, cinco días a la semana (lunes a viernes), dos horas por la mañana, dos horas por la tarde en cada una de las 5 zonas en que fue dividido el Campus de la Universidad., en el rango de frecuencias 823.9 MHz a 849.1 MHz para el Up Link y en el rango de frecuencias 866 MHz a 894.1 MHz para el Down Link. Los anteriores requerimientos definen el equipo a usar para este proyecto.

Por lo anterior, se seleccionó el equipo SPECTRAN HF-6065 de Aaronia, provisto de una antena omnidireccional de Anritsu, el equipo fue colocado en un trípode, el cual permite lograr la altura de medición de 1.5 m.

La metodología para medición de variabilidad temporal, se basa en: ubicación del equipo SPECTRAN HF-6065 con trípode de 1.5 metros de altura en cada uno de los vértices de la zona escogida para la medición en los tres ejes X, Y, Z para un total de 18 minutos de medición por vértice, y un total de 72 minutos para los cuatro vértices de cada zona. La ubicación del trípode del instrumento Aaronia y de la antena se muestra en la Figura 1.



Fig. 1. Ubicación del trípode con el SPECTRAN HF-65.

Por lo anterior y según la Fig. 1, el equipo SPECTRAN HF-6056 fue ubicado horizontalmente para medir el campo eléctrico en el plano Z, posteriormente la antena se ubicó verticalmente para medir el campo eléctrico en el plano X-Y.

De otro lado, se realizó la medición de campo eléctrico (V/m) en cada uno de los cuatro vértices con tiempo de promediación de seis minutos por cada vértice de la celda de medición, en los tres ejes X, Y, y Z para un total de 18 minutos por vértice de la celda y de 72 minutos para los cuatro vértices de cada celda.

El tamaño de cada celda que es un cuadrado de 10 metros de lado, fue escogido a partir del diámetro de un círculo iluminado a 100 metros distancia por una antena transmisora con lóbulo de radiación de 6 grados.

### III. Resultados preliminares

El análisis preliminar de resultados arroja las siguientes conclusiones:

- Existe correlación entre la presencia de muchas personas con mediciones Up Link de campo eléctrico altas cercanas a 1 V/m.
- Al sumar vectorialmente los voltajes en los ejes X, Y y Z, el voltaje total se acerca pero no supera en ningún caso los 1.26 V / m límite de la Norma ITU-T K 52 que adopta el estimado de la ICNIRP (International Comisión on Non Ionizing Radiation Protection). Las condiciones de medición especificadas por la Norma ITU-T K 52: tiempo de promediación de 6 minutos y gama de frecuencias 400 MHz y 2 GHz, fueron programadas en el instrumento AARONIA.

El valor límite de la Norma ITU-T K 52 de 1,26 V / m se calcula como:

$$\begin{aligned} \text{Campo Eléctrico máximo: } E \text{ (V/m)} &= 1,375(F)^{1/2} \\ &= 1,375(0,85)^{1/2} \\ &= 1,26 \text{ V / m} \end{aligned}$$

Donde F es la frecuencia central de la banda 850 MHz convertida a GHz.

- Las mediciones en la Zona “El Campito” ubicada a menos de 50 metros de la estación base arrojan mediciones de menos del 10% del límite de la Norma ITU-T K61 en campo remoto.
- La radiación del Up Link se da también en el plano Z comprobando la polarización mixta debida a las diferentes posiciones con que los usuarios del servicio usan sus dispositivos inteligentes.

A continuación presentamos las gráficas con las mediciones realizadas a la misma hora de lunes a viernes, con sus promediados de seis minutos por medición tal como lo especifica la Norma ITU-T K 52 para campo lejano. Se puede apreciar que ninguna de las mediciones supera el nivel máximo de la Norma grafica de color amarillo.

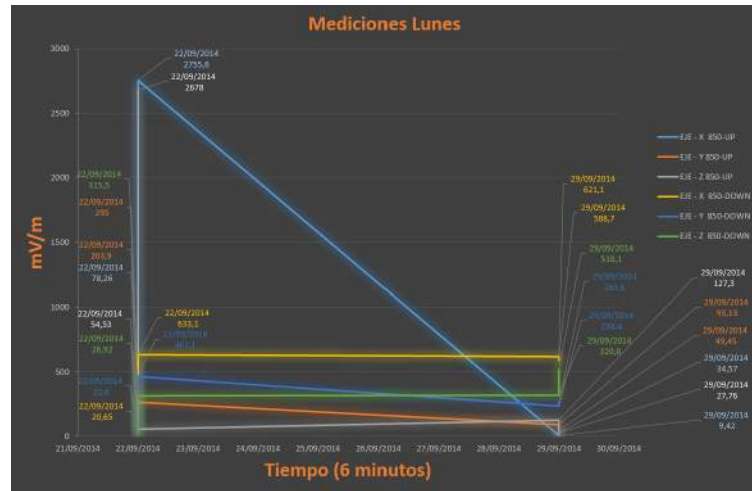


Fig 2. Gráfica de medición días lunes mostrando los ejes X Y y Z en Up y Down Link

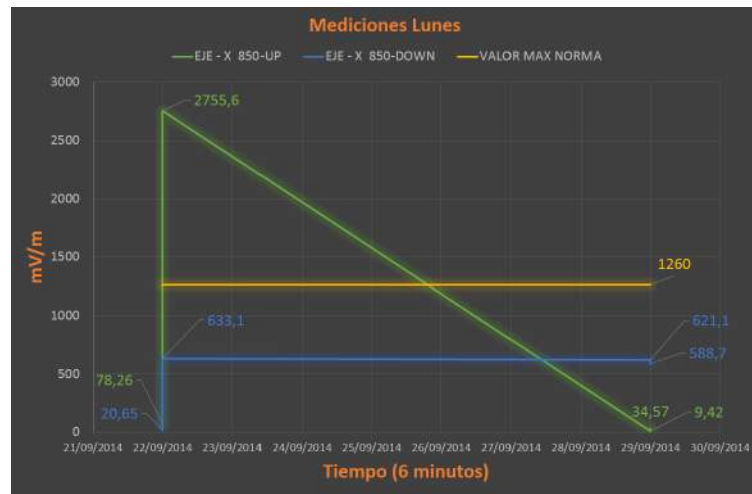


Fig 3. Esta medición en particular presentó intensidad Down link radiada superior a los 1,26 V /m proveniente de las estaciones base ubicadas en Bosque Medina cercano a la Universidad.

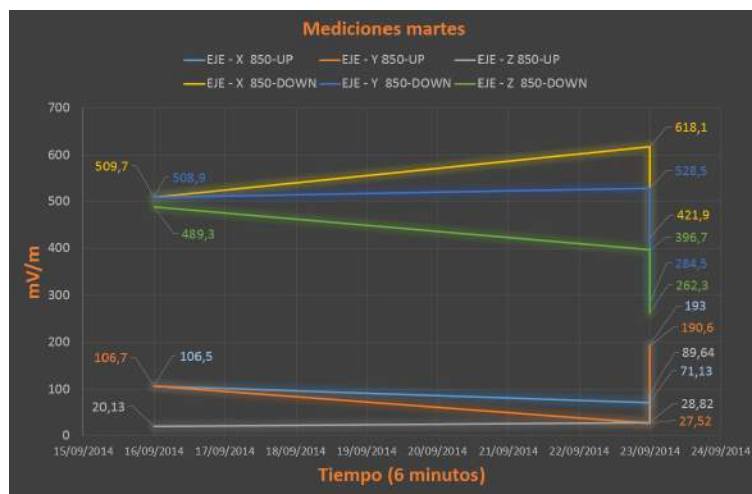


Fig. 4 Grafica de medición días martes mostrando los ejes X, Y, Z en Up y Down Link

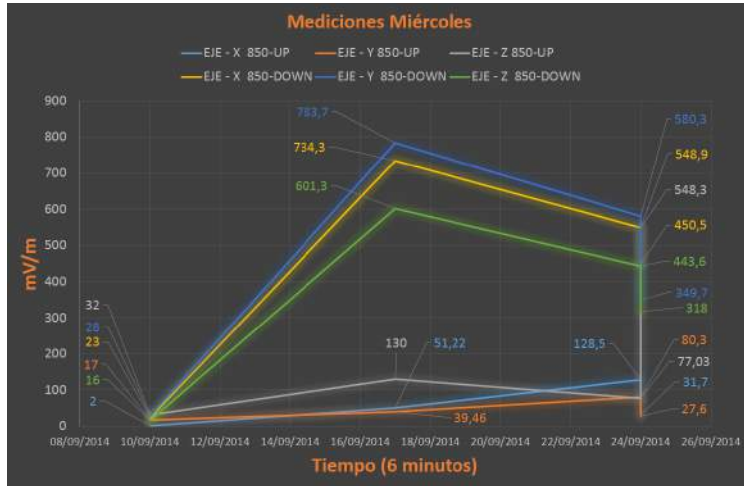


Fig 5. Grafica de medición días miércoles mostrando los ejes X, Y, Z en Up y Down Link

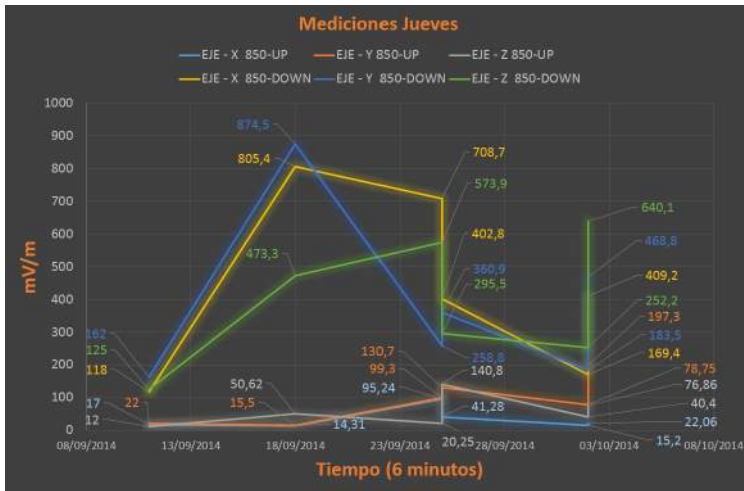


Fig. 6 Grafica de medición días jueves mostrando los ejes X,Y,Z en Up y Down Link

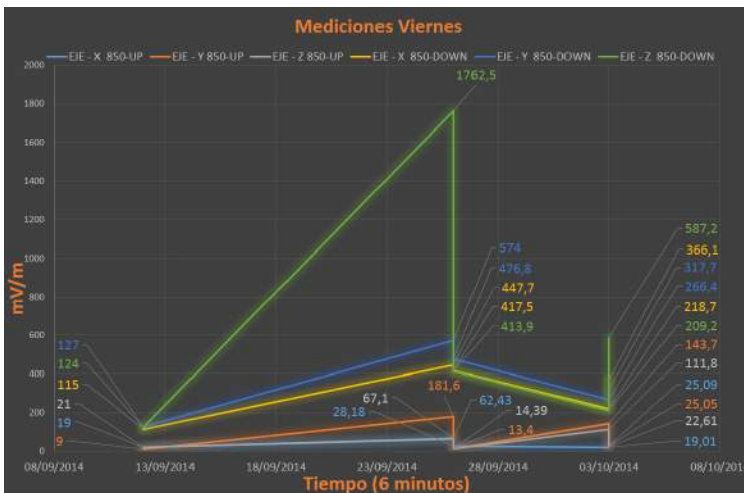


Fig 7. Grafica de medición días viernes mostrando los ejes X,Y,Z en Up y Down Link

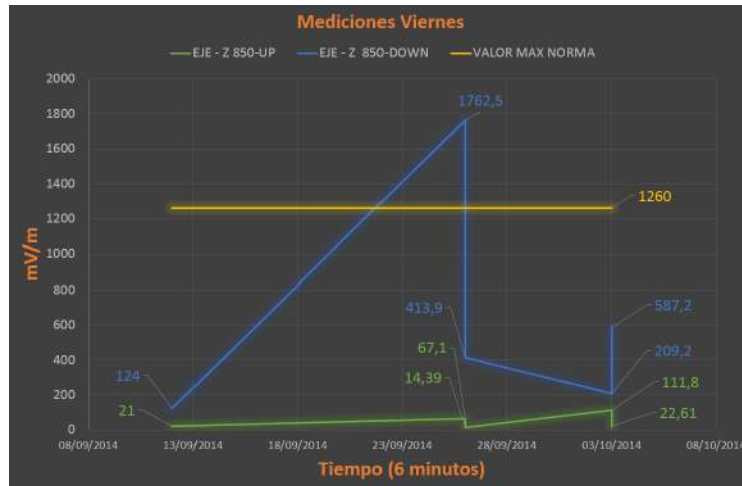


Fig 8. Grafica de día viernes en el eje que presento mayor intensidad radiada con referencia al valor máximo sugerido por la norma.

A continuación se presentan los promedios de las mediciones tomadas por cada uno de los días de la semana durante las cinco semanas en que se efectuaron las mediciones.

Tabla I. Datos obtenidos							
FECHAS		850-UP			850-DOWN		
F_M	D_M	850-UP EJE - X	850-UP EJE - Y	850-UP EJE - Z	850-DOWN EJE - X	850-DOWN EJE - Y	850-DOWN EJE - Z
03/10/2014	Viernes	25,09	25,05	22,61	366,1	317,7	587,2
03/10/2014	Viernes	19,01	143,7	111,8	218,7	266,4	209,2
02/10/2014	Jueves	22,06	197,3	76,86	409,2	468,8	640,1
02/10/2014	Jueves	15,2	78,75	40,4	169,4	183,5	252,2
29/09/2014	Lunes	34,57	49,45	27,76	588,7	263,6	518,1
29/09/2014	Lunes	9,42	93,13	127,3	621,1	238,4	320,8
26/09/2014	Viernes	28,18	13,4	14,39	417,5	476,8	413,9
26/09/2014	Viernes	62,43	181,6	67,1	447,7	574	1762,5
25/09/2014	Jueves	41,28	130,7	140,8	402,8	360,9	295,5
25/09/2014	Jueves	95,24	99,3	20,25	708,7	258,8	573,9
24/09/2014	Miércoles	31,7	27,6	548,3	450,5	349,7	318
24/09/2014	Miércoles	128,5	80,3	77,03	548,9	580,3	443,6
23/09/2014	Martes	193	190,6	89,64	421,9	284,5	262,3
23/09/2014	Martes	71,13	27,52	28,82	618,1	528,5	396,7
22/09/2014	Lunes	2755,6	263,9	54,53	633,1	467,1	315,5
22/09/2014	Lunes	78,26	295	2678	20,65	22,6	26,92
18/09/2014	Jueves	14,31	15,5	50,62	805,4	874,5	473,3
17/09/2014	Miércoles	51,22	39,46	130	734,3	783,7	601,3
16/09/2014	Martes	106,5	106,7	20,13	509,7	508,9	489,3
12/09/2014	Viernes	19	9	21	115	127	124
11/09/2014	Jueves	17	22	12	118	162	125
10/09/2014	Miércoles			2		17	32

Tabla I. Muestra de datos obtenidos

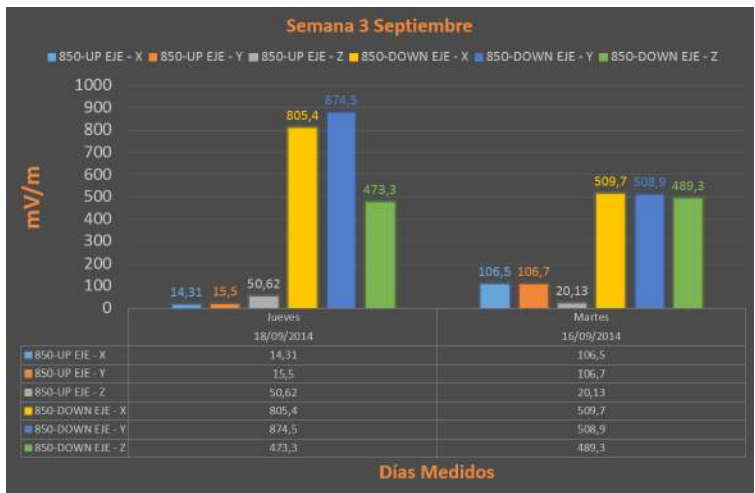


Fig. 9 Mediciones con baja población / bajo Up Link del 3 de septiembre del 2014.

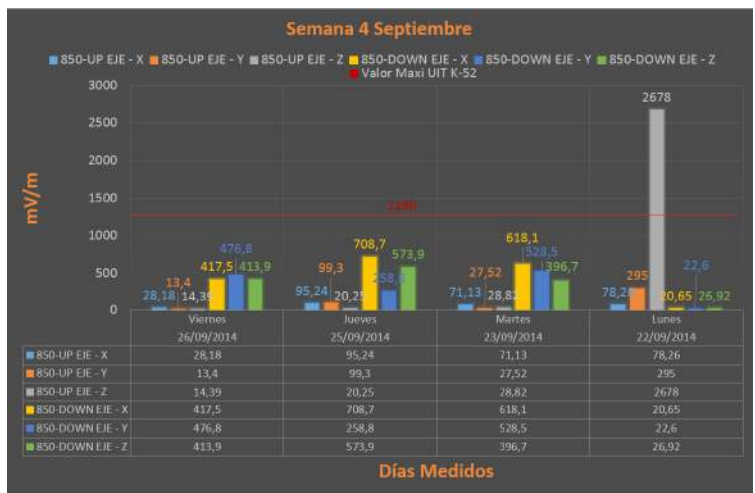


Fig. 10 Mediciones con baja población / bajo Up Link del 4 de septiembre del 2014.

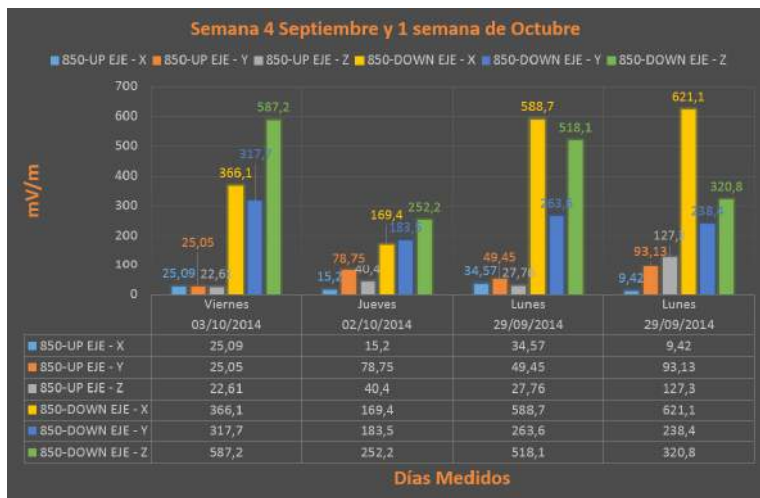


Fig. 11 Mediciones con baja población / bajo Up Link semana del primero de octubre del 2014.



Se puede apreciar la variabilidad de campo eléctrico por días, para la semana de medición.

Con base en la Fig. 10, se genera la Fig. 11 sumando los resultados de variabilidad de campo eléctrico para la misma hora de cada día, por lo tanto se obtienen doce medidas. Se aprecia que la séptima medida, correspondiente a las dos de la tarde, registra el mayor valor de variabilidad de campo eléctrico.

## IV. Conclusiones

El análisis preliminar de resultados arroja las siguientes conclusiones:

- Al comprobar que existe correlación entre la presencia de muchas personas usando su dispositivo móvil con las mediciones de campo eléctrico altas cercanas a los 1,26 V / m surge la necesidad de realizar mediciones en sitios más concurridos tales como los Centros Comerciales, lo cual se está planeando hacer.
- Es importante el haber corroborado que al sumar vectorialmente los voltajes en los ejes X, Y y Z el voltaje total se acerca pero no supera en ningún caso los 1.26 V / m límite de la Norma ITU-T K 52, por lo que no hay motivo de aviso a la Agencia Nacional del Espectro ANE.
- Las mediciones en la Zona "El Campito" ubicada a menos de 50 metros de la estación base arrojan mediciones de menos del 10% del límite de la Norma ITU-T K61 en campo remoto, corroboran que no hay infracción a la Norma aún en cercanías de una Estación Base.
- Las mediciones de la radiación del Up Link en el plano Z evidencian que el uso de dispositivos móviles en diferentes posiciones horizontal e inclinada por el uso del teclado, generan radiación de polarización mixta que debe ser sumada vectorialmente a la radiación de polarización horizontal propia del servicio celular metropolitano. Lo anterior es importante para el siguiente estudio de la radiación electromagnética de los servicios de celular G4 con polarización dual.

## V. Referencias

- [1] ITU. (2004). "Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos." [Guidance on complying with limits for human exposure to electromagnetic fields K.52] Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT, p 1-50.
- [2] UIT, (2009). "Directrices sobre la medición y la predicción numérica de los campos electromagnéticos para comprobar que las instalaciones de telecomunicaciones cumplen los límites de exposición de las personas." Sector De Normalización De Las Telecomunicaciones De La UIT, p 1-26.
- [3] UIT-T K83. "Supervisión de los niveles de intensidad del campo electromagnético" UIT-T K83, Recomendación U.S.C. 2009.
- [4] Rosas, D., & Mejía, D. "Medidas de parámetros de incidencia de campos electromagnéticos sobre sistemas biológicos en el rango de frecuencia de 50 MHz A 1 GHz." Sistemas y Telemática- Universidad ICESI, 2005. p 73-99.
- [5] Aponte, G., Escobar, A., Pinedo, C., & Arizabaleta, G "Medición de campos electromagnéticos en la ciudad de Cali, Colombia. Información Tecnológica," 18(3), 2007. p 39-47.

- [6] Rúgeles, J., Oviedo, A., Sánchez, V., & Mantilla, O. Análisis de los límites de exposición humana a campos electromagnéticos de acuerdo a la norma UIT-K.52 para frecuencias entre 10 kHz y 3 GHz en áreas urbanas de Bucaramanga. *Ingeniería e Investigación*, 27(3), 2007. p 149-158.
- [7] Ortega, H., Rodríguez, C., & Muñoz, S. "Sistema de escaneo y georeferenciación de radiación electromagnética no ionizante" (GeoRadScanner). *Revistaesalud*, 6(22), 2010. P 1-14.
- [8] Rodríguez, C., Peña, S., & Ortega, H. "Estudio de los niveles de radiación electromagnética no ionizante en varias zonas de la ciudad de Bucaramanga." *UIS Ingenierías*, 9(2), 2010. P 207-218.
- [9] Rodríguez, C., Forero, A., & Ortega, H. "Electromagnetic field measurement method to generate radiation map". [Metodología para la medición de campos electromagnéticos para la generación de un mapa de radiación] *IEEE*, 2011. p 1-7.
- [10] Henao, C. "Propuesta metodológica para la medición de la contaminación electromagnética y su aplicación en la elaboración de un mapa de riesgo de la ciudad de Manizales." *Universidad Nacional De Colombia*, 2012. P 1-134.
- [11] AaroniaAG, manual MCS
- [12] ICNIRP; "International Commission On Non Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to time varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)" ;1997.