

ESTUDIO DE LOS NIVELES DE RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA NO IONIZANTE EN VARIAS ZONAS DE LA CIUDAD DE BUCARAMANGA

CESAR CAMILO RODRÍGUEZ SÁNCHEZ

*M.Sc(c) Ingeniería Electrónica
Investigador grupo RadioGIS
Universidad Industrial de Santander
cesar.rodriguez@radiogis.uis.edu.co*

SANDRA MILENA PEÑA VEGA

*Especialista en Telecomunicaciones
Investigador grupo RadioGIS
Universidad Industrial de Santander
sandra.pegna@radiogis.uis.edu.co*

HOMERO ORTEGA BOADA

*Ph.D. of Engineering Sciences
Kyiv International University of Civil Aviation, Ucrania
Profesor titular
Universidad Industrial de Santander
homero.ortega@radiogis.uis.edu.co*

Fecha de recibido: 06/05/2010

Fecha de aprobación: 15/12/2010

RESUMEN

El incremento en el número de antenas de telefonía móvil celular en los cascos urbanos de las ciudades ha elevado la preocupación de los habitantes residentes en las ciudades, por la inminente contaminación electromagnética que se podría generar. Este artículo pretende examinar la contaminación electromagnética no ionizante, realizando mediciones de campos en banda ancha, en sectores representativos de la ciudad de Bucaramanga teniendo en cuenta el tipo de zona y la cantidad de antenas a su alrededor, con el fin de determinar si se cumplen los límites de exposición permitidos para público general que establece la Recomendación Internacional UIT-T K.52.

PALABRAS CLAVES: Radiación electromagnética no ionizante, mediciones de campos, contaminación electromagnética, Niveles de exposición seguros

ABSTRACT

The electromagnetic pollution could increase because the increase in the number of cellular mobile telephone antenna in urban areas of cities, this has raised the concern of residents in cities. This article aims to examine pollution electromagnetic non-ionizing fields making measurements of band wide in representative sectors of the city of Bucaramanga taking the type of area and the number of antennas around, so to determine whether exposure limits allowed for general public in the recommendation ITU-T K.52 International.

KEYWORDS: Non-ionizing Electromagnetic radiation, field measurements, electrosmog, level safety

1. INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha venido estudiando los efectos de la exposición a campos electromagnéticos en el rango de frecuencias 0-300 Ghz sobre la salud de las personas en el proyecto denominado “The International EMF Project” [1]; la Comisión Internacional para la Protección de la Energía No Ionizante (ICNIRP) interpreta y analiza los resultados de las investigaciones de la OMS con el fin de establecer umbrales o límites seguros de exposición a la radiación electromagnética no ionizante [2]. Basados en estos estudios la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), máximo organismo mundial de Telecomunicaciones, formaliza estos límites en la recomendación UIT-T.K52 [3], la cual fue adaptada por el gobierno de Colombia en el Decreto 195 de 2005 [4] como norma de cumplimiento nacional.

El Estado está en la obligación de ofrecer y mantener un medio ambiente sano para toda la población, tal como lo establecen los artículos 79 y 80 de la Constitución Política de Colombia: “todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano y corresponde al Estado prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental” [5]. Por lo tanto, es necesario verificar que la recomendación internacional UIT-T K.52 se cumple, por ello es indispensable realizar campañas de mediciones de campos electromagnéticos sobre los cascos urbanos y rurales que permitan examinar el comportamiento de la radiación no ionizante teniendo en cuenta todos los sistemas de radio comunicaciones presentes y controlar los niveles de exposición nocivos para la salud.

Con base en estos planteamientos el grupo de Investigación RadioGIS con el apoyo financiero de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad Industrial de Santander, en convenio con el grupo I2T de la Universidad ICESI de la ciudad de Cali, con la financiación de COLCIENCIAS y el respaldo de la empresa de consultoría de telecomunicaciones TES América Andina Ltda. de Bogotá, la empresa INKCO Ltda. de Bucaramanga y la Agencia Nacional del Espectro del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Colombia, están trabajando conjuntamente en una solución práctica que permite apoyar la gestión del espectro radioeléctrico, monitoreo de la radiación electromagnética y el desarrollo de servicios de telecomunicaciones de última generación con una visión orientada hacia la convergencia.

2. PROBLEMÁTICA SOBRE EL INCREMENTO DE LA CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA EN ZONAS URBANAS

Los Operadores de telefonía móvil celular, dentro de un mercado competitivo, buscan ofrecer múltiples servicios con una cobertura total, lo que implica un fortalecimiento de sus tecnologías y un incremento en el número de torres y antenas de comunicaciones en todas las ciudades; pero las políticas legales regulatorias en Colombia para la instalación de nuevas antenas de telefonía móvil celular no son estrictas respecto al aporte en contaminación electromagnética de estos sistemas.

El Estado no obliga a los Operadores de telefonía móvil celular a controlar sus emisiones de contaminación radioeléctrica, esta libertad está contemplada legalmente en el artículo tercero de la resolución número 001645 de 29 de julio de 2005, en donde se definen a los sistemas de telefonía móvil celular como fuentes inherentemente conformes; es por ello que estos Operadores “no están obligados a realizar las mediciones que trata el decreto 195 de 2005, ni a presentar la Declaración de Conformidad de Emisión Electromagnética” [6]. Se debe reflexionar que todo desarrollo tecnológico implica nuevos compromisos con el medio ambiente y la sociedad.

En contraste a esta resolución del gobierno colombiano, existen múltiples estudios científicos en todo el mundo que indican que los niveles de potencia que irradian los sistemas de telefonía móvil celular se deben controlar, debido a los “posibles” efectos nocivos en la salud como diversos tipos de cáncer, abortos, daños en el ADN, cambios en la actividad eléctrica del cerebro, depresión, insomnio, tumores cerebrales, leucemia, entre otros [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14].

La ciudad de Bucaramanga no es ajena a la problemática de contaminación electromagnética que se genera por el incremento de las antenas de telecomunicaciones instaladas sobre toda su extensión. En el casco urbano de Bucaramanga existen más de 100 torres de comunicaciones¹, sin contar con las innumerables antenas instaladas en las azoteas de los edificios.

Las múltiples quejas y demandas que hacen los vecinos por la presencia de estas torres de comunicaciones es un problema que muestra la preocupación de

¹ Dato no oficial suministrado por funcionarios del Ministerio de TICs de Colombia.

la población urbana de todos los estratos sociales ante la contaminación electromagnética; quejas que muchas veces no son tenidas en cuenta y se pasan por alto o que pueden entorpecer el desarrollo de las telecomunicaciones (sin olvidar el compromiso ambiental que deben tener los operadores en el país).

3. SERVICIO PARA MEDIR ON-LINE LA RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA NO IONIZANTE

Las campañas de mediciones de radiación no ionizante en banda ancha, necesarias para analizar el comportamiento de la contaminación electromagnética en algunas regiones de la ciudad de Bucaramanga, se realizaron utilizando el servicio de telecomunicaciones basado en localización que ofrece la Plataforma de Servicios RadioGIS [15],[16], junto con la herramienta para el monitoreo de campos electromagnético GeoRadScener V2.03 [17].

El objetivo de todo el sistema en conjunto es realizar mediciones georeferenciadas de radiación no ionizante en banda ancha (medición de inmisión) a lo largo de diferentes sitios o estaciones previamente seleccionadas, los resultados de las campañas de mediciones se tabulan, grafican y visualizan en mapas geográficos para su análisis y se envían on-line al servidor remoto de RadioGIS para ser consultados por otros usuarios remotamente desde internet por medio de un PC o dispositivo móvil (PDA, Black Berry, teléfono celular).

Utiliza dos instrumentos fundamentales de medición, un medidor de intensidad de campo de la marca NARDA con referencia NBM-550 y un receptor GPS genérico que se conectan a un computador portátil, los cuales son montados en un vehículo para desplazarlos a los sitios de interés (estaciones) y tomar las lecturas respectivas durante un tiempo de terminado, siguiendo una metodología de medición estándar.

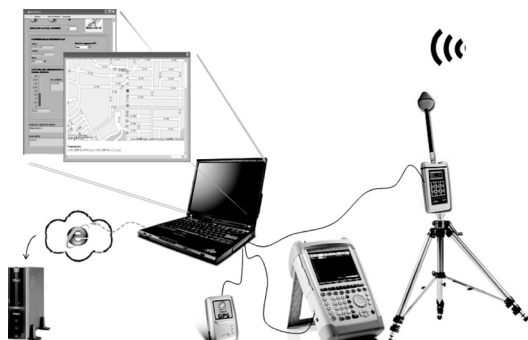


Figura 1. Configuración del sistema de medición

Gracias a este sistema se obtiene un mapa de radiación no ionizante de una zona específica con gran rapidez y pocos errores, lo que permite examinar eficientemente la distribución de radiación en el trayecto y emitir un juicio preliminar sobre el nivel de cumplimiento de los límites de exposición a campos electromagnéticos establecidos por la recomendación internacional UIT-T K.52 [18]. Además, la información registrada por los dispositivos de medición es almacenada georeferenciadamente en un servidor central (servidor de RadioGIS), el cual ofrece la capacidad de consultar esta información vía web en mapas geográficos (Geoportal RadioGIS) [19].

3.1 METODOLOGÍA DE MEDICIÓN RADIACIÓN NO IONIZANTE EN BANDA ANCHA

Para realizar las campañas de mediciones se utilizó una metodología de medición estándar para medir campos electromagnéticos, la cual se ajusta a la recomendación UIT-T K.52 y al decreto 195 de 2005 de la ley colombiana. Esta metodología se describe por un conjunto de etapas:

Identificar zona de medición: Es importante identificar los principales elementos que aportan a la radiación electromagnética, como antenas, repetidoras, sistemas Wifi, amplificadores de RF, torres de comunicaciones y cualquier otro dispositivo que esté visible.

Seleccionar los equipos y sondas indicadas: Teniendo en cuenta el tipo de servicios de radiofrecuencia presentes en el sector seleccionado para medir, escoger los equipos de medición y sondas adecuadas, por ejemplo, si en los alrededores hay antenas de microondas, seleccionar el medidor de campos (NARDA) con la sonda que va hasta 60Ghz.

Definir Plan de Medición: Corresponde a una planeación de la campaña de medición que se va a realizar, en ésta se define:

- Cantidad de puntos o estaciones a medir.
- Tiempo de captura de datos por estación (6 minutos por norma).
- Intervalo de tiempo de captura entre muestra y muestra (dt).
- Tipo de campo a medir (eléctrico, magnético, densidad de potencia).
- Instrumento y sonda a utilizar.

Ejecutar la campaña de medición: Consiste en la ejecución del plan de medición definido, es indispensable instalar los equipos en un vehículo para facilitar el desplazamiento y ofrecer comodidad. En esta fase de la metodología el ingeniero de campo debe ubicarse en cada estación o punto de interés, la separación entre sitios debe ajustarse al método de Lee [20]; luego de ubicarse en cada sitio se da la orden de captura de datos de los instrumentos, tanto el GPS como el medidor de campos, durante el tiempo preestablecido en el plan de medición. Es importante que el vehículo este en reposo total, para no alterar la medición. Además, es necesario verificar que los datos capturados sea lógicos y concordantes (valores positivos, rango aceptable), si esto no ocurre, se debe repetir la medición en el punto actual.

Verificar los resultados: Luego de finalizar la captura de datos en la fase anterior, se realiza un análisis global de los resultados obtenidos para verificar la confiabilidad de los datos de la campaña de medición, se examina los datos tabulados, se analiza la gráfica de radiación por estación y se examina los puntos de radiación en un mapa geográfico (Utilizando tecnología de mapas de GoogleMaps®).

Guardar los resultados: Se almacenan los datos local y remotamente en una base de datos de la Plataforma RadioGIS para posteriores análisis.

4. MEDICIONES DE RADIACIÓN EN ZONAS DE BUCARAMANGA

Para realizar las campañas de mediciones de radiación electromagnética no ionizante en la ciudad de Bucaramanga es necesario segmentar la ciudad e identificar las zonas más apropiadas teniendo en cuenta la distribución de antenas y torres de radiocomunicaciones.

4.1 IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE LAS ZONAS A MEDIR

Los criterios para la selección de las zonas donde se realizaron las campañas de mediciones fueron:

- Cantidad y distribución de antenas alrededor de la zona.
- Tipo de zona: residencial, industrial, comercial, escolar, hospitalaria, etc.
- Densidad poblacional.

En la figura 2, se muestra la ciudad de Bucaramanga y los principales sectores y vías, el objetivo es seleccionar varias zonas de la ciudad para realizar campañas de medidas teniendo en cuenta los criterios previamente definidos.

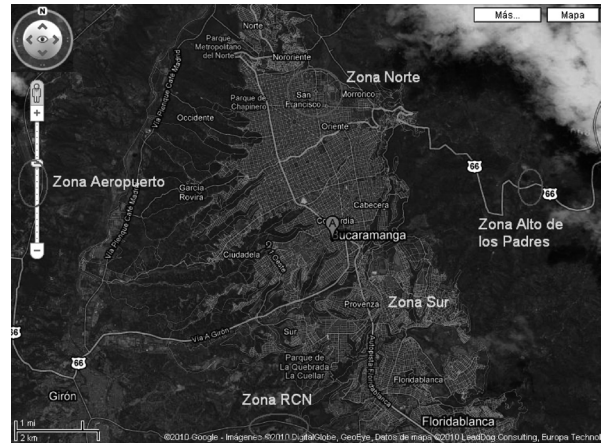


Figura 2. Mapa de la ciudad de Bucaramanga

4.1.1 Zona Norte

La zona Norte de la ciudad de Bucaramanga se muestra en la figura 3, donde se aprecian las principales torres de telefonía celular y los principales centros educativos que operan; esta zona es de tipo residencial y escolar, allí se encuentran la Universidad Industrial de Santander, el colegio Santander, el Colegio Tecnológico y el estadio de fútbol de la ciudad, entre otros.

Las mediciones de radiación electromagnética no ionizante se realizaron en el campus universitario de la UIS, para caracterizar una porción de la zona norte, teniendo en cuenta el volumen de estudiantes que circulan diariamente por las instalaciones; el objetivo de estas pruebas es verificar los niveles de radiación a los que se exponen los habitantes y estudiantes del sector.



Figura 3. Distribución de antenas en zona norte de Bucaramanga

4.1.2 Zona Sur

La zona sur de la ciudad se muestra en la figura 4, ésta es una zona residencial y escolar, con la particularidad de que existen 5 torres de telefonía móvil celular a menos de 200 metros de un centro educativo (INEM), sitios en los cuales se deben realizar por norma mediciones de campos electromagnéticos, tal como lo establece el artículo 4 del decreto 195 de 2005 de la ley colombiana, la cual dice: “Independientemente de la tipificación se deben medir todas las estaciones radioeléctricas que se encuentren a menos de 150 metros de centros educativos, centros geriátricos y centros de servicio médico...” [21].



Figura 4. Distribución de antenas en zona sur de Bucaramanga (sector Provenza)

El sector que se seleccionó de la zona sur es el barrio Provenza sobre la calle 105 alrededor del colegio INEM y de tres torres de telefonía móvil celular de los operadores Comcel, Tigo y Movistar.

4.1.3 Zona Aeropuerto

La figura 5 muestra la zona del Aeropuerto Internacional Palonegro de Bucaramanga, sector donde se encuentra una concentración elevada de antenas y torres de comunicaciones: telefonía móvil celular, sistema trunking, radiodifusión FM, antena radar, entre otros. Teniendo en cuenta que el flujo de pasajeros en el aeropuerto es elevado y la gran diversidad de sistemas que irradian campos electromagnéticos de radiofrecuencia, entonces se seleccionó este sector como parte del estudio que se desea realizar.



Figura 5. Distribución de antenas en zona Aeropuerto de Bucaramanga

4.1.4 Zona Alto de los Padres

La figura 6, muestra la zona del Alto de los Padres de tipo residencial en el oriente de la ciudad vía a Cúcuta, en el kilómetro 20, en este sector es importante analizar la radiación electromagnética porque es un punto de alta concentración de señales microondas al ubicarse estratégicamente con línea de vista directa con toda la ciudad y su área metropolitana (Floridablanca, Piedecuesta, Girón), y con el municipio de Barrancabermeja.

En esta zona existen múltiples enlaces de microondas a varias gamas de frecuencia, hay un promedio de 60 antenas (antenas HF que van desde 200 vatios has 5 Kilovatios, antenas VHF de 25 vatios, antenas UHF de 25 vatios, antenas microondas que van desde 2.3 Ghz hasta 24 Ghz y antenas de Metrolínea de 8 a 9 Ghz); además en las cercanías del sector se encuentran las antenas de transmisión de varios sistemas de radiodifusión AM y FM.



Figura 6. Distribución de antenas en zona Alto de los Padres (vía Cúcuta)

4.1.5 Zona antena RCN

En esta zona se encuentra una antena de transmisión AM de la empresa RCN, en el sur de la ciudad, la cual opera a 800 khz, con la principal característica que se encuentra en la cercanía de un colegio municipal “Fundación UIS” a menos de 2 kilómetros de distancia y a 3 kilómetros del casco urbano. La ley establece que “Las estaciones de radiodifusión sonora en amplitud modulada (A.M.) en Ondas Hectométricas, deberán ubicar el sistema de transmisión fuera del perímetro urbano del municipio o distrito para el cual se otorga la concesión del servicio”, [22].



Figura 7. Ubicación antena de transmisión de RCN básica AM

4.2 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LAS MEDICIONES EN CADA ZONA

4.2.1 Zona Norte – Sector UIS

En el campus universitario de la UIS se realizaron dos campañas de mediciones de campo eléctrico los días 20 de enero y 28 de febrero de 2010, la metodología de medición se ajusta a la recomendación UIT-T K.52 (tiempo de medición por estación igual a 6 minutos); al finalizar el proceso se obtiene información de la radiación en 25 sitios distribuidos en la UIS, tal como se muestra en la figura 8, datos que están tabulados en la tabla 1 (esta información está disponible en el servidor de RadioGIS)[19].

De la tabla 1 se aprecia que todos los sitios medidos en la UIS tienen niveles de radiación que se ajustan a la recomendación UIT-T K.52, los valores máximos se registraron en la estación 20 (cerca al auditorio Luis A. Calvo) con un promedio de campo eléctrico de 0.77 V/m (los valores límites de exposición oscilan entre 40 y 60 V/m de campo eléctrico para los sistemas de telefonía móvil celular, ver tabla 2), lo cual indica que este sector es el que tiene mayor exposición a campos, pero que está por debajo en un factor de 100 de los límites de exposición permitidos para público general.

Tabla 1. Resultados de la campaña en la zona Norte-sector UIS

Sitio	Latitud	Longitud	Altura [m]	Vr AVG [V/m]	Vr MAX [V/m]	Vr MIN [V/m]	UIT-T K.52	%
1	7,141762	-73,122857	987	0,355606	0,4388	0,331	Si	1,27
2	7,141855	-73,12265	993	0,287252	0,362	0,2616	Si	1,03
3	7,141747	-73,122311	991	0,309156	0,331	0,2767	Si	1,10
4	7,141732	-73,122056	1001	0,368127	0,3846	0,313	Si	1,31
5	7,141721	-73,121702	994	0,321571	0,3456	0,3007	Si	1,15
6	7,141731	-73,121409	1001	0,173393	0,3222	0,05384	Si	0,62
7	7,141664	-73,120875	1012	0,272263	0,313	0,2384	Si	0,97
8	7,141479	-73,120262	1014	0,361998	0,4233	0,05897	Si	1,29
9	7,141424	-73,11973	1007	0,221402	0,256	0,1818	Si	0,79
10	7,141806	-73,119056	1002	0,493692	0,5109	0,4645	Si	1,76
11	7,14139	-73,122133	1026	0,340936	0,366	0,3185	Si	1,22
12	7,139328	-73,117352	1050	0,333415	0,4453	0,2899	Si	1,19
13	7,139284	-73,117998	1039	0,264554	0,2959	0,2347	Si	0,94
14	7,139314	-73,118497	1030	0,399032	0,4233	0,3746	Si	1,43
15	7,139477	-73,119182	1000	0,375529	0,3979	0,3473	Si	1,34
16	7,139757	-73,119219	681	0,368425	0,4029	0,3431	Si	1,32
17	7,140251	-73,119556	1019	0,494589	0,5131	0,478	Si	1,77
18	7,139978	-73,119538	1033	0,51226	0,5298	0,4798	Si	1,83
19	7,139563	-73,119531	1021	0,514482	0,5304	0,444	Si	1,84
20	7,139401	-73,120067	1019	0,771196	0,8333	0,7191	Si	2,75
21	7,140467	-73,119145	1018	0,519529	0,5369	0,4959	Si	1,86
22	7,140762	-73,119418	1028	0,320046	0,3397	0,2998	Si	1,14
23	7,141139	-73,119154	976	0,401119	0,4219	0,3754	Si	1,43
24	7,141832	-73,121078	1001	0,451921	0,4731	0,4321	Si	1,61
25	7,142027	-73,122398	989	0,455235	0,481	0,4341	Si	1,63

Tabla 2. Límites de exposición a campos electromagnéticos para telefonía móvil celular, según UIT-T K.52

Frecuencia celular [Mhz]	Zona Ocupacional			Zona Publico General		
	Campo eléctrico [V/m]	Campo magnético [A/m]	Densidad de potencia [W/m ²]	Campo eléctrico [V/m]	Campo magnético [A/m]	Densidad de potencia [W/m ²]
850	87,4643	0,233238	21,25	40,0878	0,107873	4,25
900	90,0000	0,240000	22,5	41,2500	0,111000	4,5
1800	127,2792	0,339411	45	58,3363	0,156978	9
1900	130,7670	0,348712	47,5	59,9349	0,161279	9,5

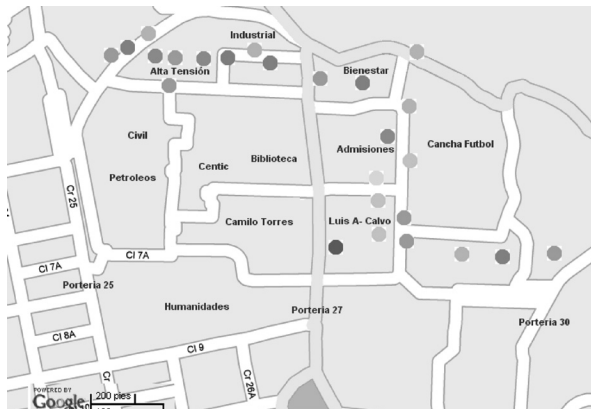


Figura 8. Distribución geográfica de las mediciones de radiación en la zona Norte-sector UIS

En la figura 8 se muestra la distribución geográfica de la radiación en el sector de la UIS, existen sitios de mayor concentración (color oscuro) y sitios de menor concentración (color claro), los mayores valores se registraron en los alrededores del Auditorio Luis A. Calvo y los menores valores en Bienestar universitarios.

4.2.2 Zona Sur – Sector Provenza

En esta zona se realizaron 4 fases de mediciones de radiación, en total se tomaron lecturas de campo eléctrico de 32 sitios del barrio Provenza al sur de la ciudad siguiendo la metodología planteada en la sección 3, los datos resultantes se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 3. Resultados de la campaña en la Zona Sur-sector Provenza

Sitio	Latitud	Longitud	Altura [m]	Vr AVG [V/m]	Vr MAX [V/m]	Vr MIN [V/m]	UIT-T K.52	%
1	7,083921	-73,117142	919	0,50875	0,94	0	Si	1,82
2	7,084306	-73,117192	916	0,473333	0,90	0,08	Si	1,69
3	7,084715	-73,117082	920	0,284167	0,94	0	Si	1,01
4	7,085215	-73,117066	614	0,28	0,94	0	Si	1,00

5	7,085591	-73,117056	921	0,54875	0,94	0,17	Si	1,96
6	7,085554	-73,117098	918	0,586667	0,94	0,1	Si	2,10
7	7,086081	-73,117044	917	0,491667	0,94	0,08	Si	1,76
8	7,086424	-73,117017	917	0,5175	0,94	0	Si	1,85
9	7,084837	-73,116285	915	1,472778	3,90	0	Si	5,26
10	7,084222	-73,116345	925	1,136944	3,90	0	Si	4,06
11	7,084129	-73,115381	923	1,76125	4,17	0	Si	6,29
12	7,084529	-73,115359	923	1,376806	3,90	0	Si	4,92
13	7,08593	-73,115262	924	0,3675	2,55	0	Si	1,31
14	7,085941	-73,114506	936	1,663333	4,17	0	Si	5,94
15	7,086482	-73,114107	920	2,771111	4,66	0	Si	9,90
16	7,086476	-73,114904	920	3,092361	5,10	0	Si	11,04
17	7,086533	-73,115826	917	2,689167	4,66	0	Si	9,60
18	7,086518	-73,117011	913	4,623194	5,89	2,94	Si	16,51
19	7,085107	-73,112022	916	1,140417	3,90	0	Si	4,07
20	7,084989	-73,112513	918	1,562083	6,07	0	Si	5,58
21	7,084928	-73,113032	914	1,957917	8,96	0	Si	6,99
22	7,085011	-73,11332	914	2,924583	19,56	0	Si	10,44
23	7,08509	-73,113921	918	2,019167	12,24	0	Si	7,21
24	7,085044	-73,114438	923	6,788333	44,50	0	Si	24,24
25	7,085099	-73,114816	923	0,6125	2,94	0	Si	2,19
26	7,085045	-73,115707	972	2,44625	3,61	0	Si	8,74
27	7,085187	-73,116336	924	3,01	5,10	0	Si	10,75
28	7,085037	-73,116889	922	3,189167	4,66	1,47	Si	11,39
29	7,085099	-73,117389	915	2,153439	3,4500	0	Si	7,69
30	7,085029	-73,117789	912	2,023269	3,0500	0	Si	7,23
31	7,08509	-73,118384	915	1,12	2,0500	0	Si	4,00
32	7,084845	-73,118535	923	1,23	2,2500	0	Si	4,39

Los resultados en la tabla 3 muestran que el mayor valor se registró en la estación 24, ubicada en la calle 105 entre las carreras 23 y 22 con un promedio de campo eléctrico de 24,5 V/m y 24,24 por ciento respecto al límite más estricto en la zona de público general de la recomendación UIT-T K.52, este sobre pico se debe, hipotéticamente, a que cerca del lugar se encuentra un establecimiento público donde se realizan llamadas a celulares. Los niveles registrados, a pesar que son elevados, no sobrepasan los límites de exposición que establece la recomendación UIT-T K.52

La figura 9 muestra la distribución geográfica de radiación en el sector medido, y se aprecia el sitio donde se registró el valor más alto (punto oscuro). El colegio INEM presenta niveles de radiación normal para público general, es necesario realizar pruebas más estrictas en el interior del plantel educativo que permitan examinar el comportamiento de la radiación dentro de la institución educativa.



Figura 9. Distribución geográfica de las mediciones de radiación en la Zona Sur-Sector Provenza

4.2.3 Zona Alto de los Padres

En esta zona se realizaron 10 mediciones de campo eléctrico el día 22 de enero de 2010 en diferentes puntos alrededor de dos torres de telecomunicaciones que se encontraban en el sector (cabaña de Eduardo Ortiz), durante 6 minutos por cada punto como lo establece la recomendación internacional UIT-T K.52 utilizando la herramienta GeoRadScanner. Las pruebas realizadas tenían el objetivo de examinar el comportamiento de la contaminación electromagnética en un sector rural (conjunto de cabañas de la vereda El Doce).

Tabla 4. Resultados de la campaña en la zona Alto de los Padres

Sitio	Latitud	Longitud	Altura [m]	Vr AVG [V/m]	Vr MAX [V/m]	Vr MIN [V/m]	UIT-T K.52	%
1	7.120690	-73.076997	1.737	0.564811	0.915	0.1215	Si	2,02
2	7.120690	-73.076990	1.737	0.656050	0.9363	0.0000	Si	2,34
3	7.120687	-73.076992	1.736	0.787806	1.143	0.2219	Si	2,81
4	7.120672	-73.076987	1.735	0.577286	1.067	0.0992	Si	2,06
5	7.120718	-73.076900	1.732	0.484411	1.155	0.0702	Si	1,73
6	7.120694	-73.076765	1.733	0.444051	1.174	0.0701	Si	1,59
7	7.120789	-73.076651	1.735	0.287236	0.607	0.0000	Si	1,03
8	7.120813	-73.076643	1.728	0.461182	0.806	0.0000	Si	1,65
9	7.120674	-73.076644	1.739	0.400849	1.993	0.0000	Si	1,43
10	7.120690	-73.076598	1.735	0.459210	0.749	0.0000	Si	1,64

Los resultados de la tabla 4 permiten concluir que los niveles de radiación en este sector son normales y cumplen la recomendación UIT-T K.52, a pesar de la existencia de múltiples torres y antenas de telecomunicaciones; el máximo valor de campo eléctrico es de 1,17 V/m. Dentro de la cabaña donde está la torre se presenta un nivel de 1,1 V/m, el cual es óptimo para una vivienda, por lo tanto no existe

ningún riesgo para la salud, teniendo en cuenta los límites que establece la ICNIRP [23] formalizados en la recomendación UIT-T k.52.



Figura 10. Distribución geográfica de las mediciones de radiación en la zona Alto de los Padres

En la figura 10 se muestra la distribución geográfica de radiación en los puntos medidos, los mayores valores se encuentran dentro de la cabaña donde está instalada la torre, pero no supera la norma.

4.2.4 Zona Aeropuerto

Las mediciones en este sector se realizaron el 28 de enero de 2010 en los alrededores del aeropuerto de Bucaramanga, utilizando la herramienta GeoRadScanner y los servicios de telecomunicaciones asociados de envío de datos al servidor central de RadioGIS; en total se midieron 10 puntos diferentes siguiendo la metodología planteada por la recomendación internacional UIT-T K.52 (el tiempo mínimo promedio por cada sitio debe ser de 6 minutos) y el decreto 192 de 2005, los resultados de esta campaña de medidas se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Resultados de la campaña en la zona Aeropuerto Internacional Palonegro-Bucaramanga

Sitio	Latitud	Longitud	Altura [m]	Vr AVG [V/m]	Vr MAX [V/m]	Vr MIN [V/m]	UIT-T K.52	%
1	7.129363	-73.182111	1.216	0.493993	0.639300	0.262600	Si	1,76
2	7.129246	-73.182004	1.210	1.674.819	1.986000	1.254000	Si	5,98
3	7.128868	-73.181291	1.214	0.955849	1.057000	0.839200	Si	3,41
4	7.128643	-73.181146	1.201	1.257.153	1.391000	1.127000	Si	4,49
5	7.128696	-73.181896	1.203	0.567197	0.972500	0.470700	Si	2,03

6	7.127985	-73.181385	1.203	0.915018	1.029000	0.815400	Si	3,27
7	7.127808	-73.180379	1.197	1.860.236	2.092000	1.699000	Si	6,64
8	7.128133	-73.181347	1.203	1.840.361	1.914000	1.571000	Si	6,57
9	7.128121	-73.181030	1.203	2.290.486	2.399000	2.168000	Si	8,18
10	7.128139	-73.180285	1.205	3.624.139	3.854000	3.391000	Si	12,94

4	7.044630	-73.116688	906	14.841250	15.07	14.63	Si	4,75
5	7.044384	-73.116189	908	15.509861	15.74	14.57	Si	4,96
6	7.044158	-73.115804	907	8.241639	8.337	8.097	Si	2,64
7	7.044207	-73.115362	909	9.378903	9.555	9.186	Si	3,00
8	7.044103	-73.114952	906	8.003028	8.203	7.418	Si	2,56
9	7.044137	-73.114533	906	2.954708	3.033	2.868	Si	0,95
10	7.044281	-73.114152	907	4.895319	5.044	3.389	Si	1,57



Figura 11. Distribución geográfica de las mediciones de radiación en la zona Aeropuerto

Las pruebas realizadas en el aeropuerto de Bucaramanga, mostradas en la tabla 5, permiten deducir que los niveles de radiación no ionizante están dentro de los límites establecidos, el máximo valor promedio registrado fue de 3,85 V/m frente a un conjunto de torres que se encontraban en el sector, pero esto niveles no ofrecen peligro alguno para los pasajeros que transitan en este lugar.

La figura 11 muestra la distribución de radiación medida en el aeropuerto, y el punto máximo registrado en las cercanías de un conjunto de torres de telecomunicaciones.

4.2.5 Zona antena RCN

Esta campaña de medidas de campo eléctrico se realizó el día 2 de febrero de 2010, alrededor de la antena de transmisión de la emisora Básica RCN AM. Los resultados de las mediciones de radiación se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Resultados de la campaña en la zona antena RCN

Sitio	Latitud	Longitud	Altura [m]	Vr AVG [V/m]	Vr MAX [V/m]	Vr MIN [V/m]	UIT-T K.52	%
1	7.045247	-73.117817	908	13.910556	23.13	13.50	Si	4,45
2	7.045048	-73.117651	906	16.174028	26.12	15.71	Si	5,18
3	7.044717	-73.117068	906	16.556389	17.22	14.90	Si	5,30



Figura 12. Distribución geográfica de las mediciones de radiación en la zona RCN

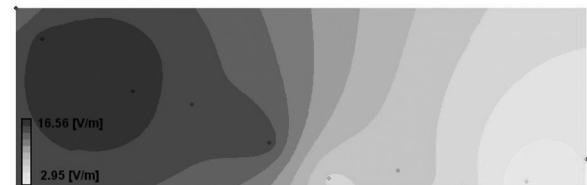


Figura 13. Mapa de radiación electromagnética zona RCN

Las figuras 12 y 13 muestran la distribución geográfica de la radiación en el sector de la emisora RCN AM, se aprecia que los mayores niveles de potencia se encuentran cerca de antena transmisora y en la medida que se aleja disminuye; el límite que establece la UIT-T K.52 para la frecuencia de operación de esta emisora (800 khz) es de 87 V/m, para público general, entonces el mayor valor registrado (16.5 V/m) cumple con la recomendación. El mapa de la figura 13 fue generado a partir de los datos de las medidas georeferenciadas utilizando métodos geoestadísticos de interpolación, como el algoritmo de Kriging, estos métodos permiten predecir el valor de un atributo en una locación precisa a partir de valores del atributo obtenidos de puntos vecinos ubicados al interior de la misma región [24], [25].

La información registrada de todas las zonas en las tablas anteriores permiten determinar que todos los sitios medidos en esta campaña de medición de radiación

cumplen con los límites de exposición establecidos por la recomendación UIT-T K.52; sin embargo estos resultados no se pueden extrapolar a toda la ciudad de Bucaramanga, ya que es necesario realizar un estudio más estricto con una mayor cantidad de mediciones y considerar otras variables que no se tuvieron en cuenta en estas fases iniciales.

5. CONCLUSIONES

Se realizaron un conjunto de mediciones de radiación no ionizante en banda ancha en algunos sectores representativos de la ciudad de Bucaramanga, los resultados probaron que no existen violaciones al decreto 195 de 2005 de Colombia, ya que los valores de radiación no sobrepasan los límites que establece la recomendación internacional UIT-T K.52. Los mayores valores se registraron en la emisora RCN AM ubicada en Ruitoque Bajo, en una zona no urbana, le sigue el sector de Provenza en la zona sur de la ciudad, luego el Aeropuerto, Alto de los Padres y por último el sector de la UIS en la zona norte.

Los resultados positivos de estas mediciones de radiación sobre un sector urbano no deben ser un indicativo generalizado para concluir que las antenas de los sistemas de telefonía móvil celular, elementos mayoritarios en los cascos urbanos, son fuentes inherentemente conformes y por tal no se les deba hacer un seguimiento a las emisiones de radiación de estos sistemas. Es necesario considerar los horarios picos de llamadas celulares y los lugares de mayor congestión de usuarios, además de la potencia isotrópica radiada (PIRE) por cada antena, que no debe ser superior a 2 vatios, tal como lo establece la recomendación UIT-T K.52.

Se desarrolló y probó una metodología automatizada para realizar mediciones de radiación electromagnética no ionizante en banda ancha en zonas urbanas ajustada a la recomendación UIT-T K.52 y al decreto 195 de 2005 de Colombia; utilizando el servicio de Telecomunicaciones para la medición y registro remoto on line de la radiación que ofrece la plataforma tecnología de RadioGIS.

El equipo de medición de intensidades de campo es una herramienta indispensable para monitorear la radiación no ionizante, que combinado con un receptor GPS ofrece la capacidad de georeferenciación útil al momento de examinar los resultados de las mediciones y si además se integra a un Sistema de Información Geográfico permite obtener muchas de radiación no ionizante sobre grandes extensiones y posibilidades inmensas de análisis.

6. AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue realizada por el Grupo de Investigación RadioGIS gracias a la financiación recibida de parte de la VIE (Vicerrectoría de Investigación y Extensión de la Universidad Industrial de Santander, código 8538, 8543), el DIF (División de Investigación y extensión de la Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas de la Universidad Industrial de Santander, código 5542) y el Estado Colombiano (Departamento Colciencias y Sena) mediante el proyecto interdisciplinario con código 1102-454-21991.

7. REFERENCIAS

- [1] The International EMF Project. World Health Organization (WHO). Disponible en: <http://www.who.int/peh-emf/project/en/> [citado abril de 2010]
- [2] P. Vecchia, R. Matthes, G. Ziegelberger, J. Lin, R. Saunders, A. Swerdlow. "Exposure to high frequency electromagnetic fields, biological effects and health consequences (100 kHz-300 GHz)". International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Alemania, 2009, pp. 160-170.
- [3] Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), Recomendación UIT-T K.52. "Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos", Ginebra. Febrero de 2000. Disponible en: <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=K>. [Citado abril de 2010]
- [4] Ministerio de Tecnologías de Información y las Comunicaciones de Colombia. Decreto 195 de 2005. "Por el cual se adoptan límites de exposición de las personas a campos electromagnéticos, se define metodología para la medición y se adecuan procedimientos para la instalación de estaciones radioeléctricas". Colombia. 2005. Disponible en: http://www.cntv.org.co/cntv_bop/basedoc/decreto/2005/decreto_0195_2005.html. [Citado abril de 2010]
- [5] Constitución Política de la República de Colombia. Artículos 79 y 80. Colombia. 1991.
- [6] Resolución 001645 de 29 de julio de 2005, artículo 3. "Por la cual se Reglamenta el Decreto 195 de 2005". 2005. Colombia. Disponible en: <http://www.mintic.gov.co/dedocumentosInner.asp?catId=5C>. [Citado mayo de 2010]

- [7] E. Horst, U. H. Klaus, L. Birgitt, P. Vogel, V. Helmut. "The Influence of Being Physically Near to a Cell Phone Transmission Mast on the Incidence of Cancer". Publicado en Revista: Umwelt Medizin Gesellschaft. Volumen 17, numero 4, pp 326-335. Alemania. 2004. Disponible en: <http://www.umwelt-medizin-gesellschaft.de/> [Citado mayo de 2010]
- [8] S. Lönn, A. Ahlbom, P. Hall, M. Feychting "Mobile phone use and the risk of acoustic neuroma". Institute of Environmental Medicine, Karolinska Institutet, Suecia. PMID: 15475713. 2005. Indexado por MEDLINE en PubMed. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15475713> . [citado mayo de 2010]
- [9] J. Schüz, E. Böhler, G. Berg, B. Schlehofer. "Cellular phones, cordless phones, and the risks of glioma and meningioma". Oxford Journals. American Journal Epidemiology. Volumen 163. Issue 6. Pp 512-520. 2006. Online ISSN 1476-6256.
- [10] L. Hardell, M. Carlberg, M. K. Hansson "Pooled analysis of two case-control studies on the use of cellular and cordless telephone and the risk for malignant brain tumours diagnosed in 1997-2003". International Archives of Occupational and Environmental Health, vol 79, No. 8, septiembre 2006, pp. 630-639. Disponible en: <http://www.springerlink.com/content/0340-0131/79/8/> [citado mayo de 2010]
- [11] Organización Mundial de la Salud (OMS), nota descriptiva No. 183. Disponible en: <http://www.who.int>. [Citado mayo de 2010]
- [12] European Commission, Health and Consumer Protection, 2007. Scientific Committee on SCENIHR Report on Emerging and Newly Identified Health Risks – "Possible Effects of Electromagnetic Fields (EMF) on Human Health".
- [13] A. Lahkola, K. Tokola, A. Auvinen. "Meta-analysis of mobile phone use and intracranial tumors". Scand J Work Environ Health, vol 32, No. 3, 2006, pp. 171-177.
- [14] S. Szmigielski, "Cancer morbidity in subjects occupationally exposed to high frequency (radiofrequency and microwave) electromagnetic radiation". Science of the Total Environment, vol 180, No. 1, 1996, pp. 9-17. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8717316> [citado mayo de 2010]
- [15] J. Leal, H. Ortega. "Modelo para el desarrollo de servicios basados en localización en las condiciones de Colombia con la visión de las redes de telecomunicaciones de próxima generación". [M.Sc Tesis]. Escuela de Ingeniería de Sistemas, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 2009.
- [16] J. Leal, H. Ortega. "Visión del desarrollo de servicios para las redes de próxima generación". Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada, vol 2, No. 16, 2010, pp. 33-41.
- [17] C. Rodríguez, S. Muñoz, H. Ortega. "A geo-referenced measurement tool of Non-ionizing Electromagnetic radiation Levels". IEEE Latin American Conference on Communications 2009 LATINCOM. Vol 1, No. 1, pp 69-75. Universidad Industrial de Santander. Disponible en: <http://www.proceedings.com/06461.html> [Citado abril de 2010]
- [18] Unión Internacional De Telecomunicaciones, Recomendación UIT-T K.52. "Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos", Febrero de 2000. Disponible en: <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=K>. [Citado abril de 2010]
- [19] Geoportal de Mapas del Grupo de Investigación RadioGIS de la Universidad Industrial de Santander. Disponible en: <http://radiogis.uis.edu.co/geoportal> [citado abril de 2010]
- [20] D. Vega, S. López, J. Matías, U. Gil, I. Peña, M. Vélez. "Generalization of the Lee Method for the Analysis of the Signal Variability". IEEE transactions on vehicular technology, vol. 60, No. 2, 2009, pp. 506 – 516.
- [21] Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Colombia. Decreto 195 de 2005 por el cual se adoptan límites de exposición de las personas a campos electromagnéticos, se define metodología para la medición y se adecuan procedimientos para la instalación de estaciones radioeléctricas, Colombia. Pp. 8. Disponible en: http://www.cntv.org.co/cntv_bop/basedoc/decreto/2005/decreto_0195_2005.html. [Citado abril de 2010]

- [22] Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Colombia. “Plan técnico nacional de radiodifusión sonora en amplitud modulada”. Pp. 9. 2009. Disponible en: <http://archivo.mintic.gov.co/mincom/documents/portal/documents/root/Radiodifusion%20Sonora/Archivos%20PDF/PlanTecnicoAM.pdf>. [Citado mayo de 2010]
- [23] ICNIRP, Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic field (up to 300 GHz). Disponible en: <http://www.icnirp.de/documents/emfgdl.pdf>. [Citado mayo de 2010]
- [24] I. Forrester, A. Sobester, J. Keane. “Engineering design via surrogate modelling”. University of Southampton, Wiley editorial, pp 4-10, 121, 2008. United Kingdom.
- [25] K. Johnston, V. Hoef, K. Krivoruchko. “ArcGIS 9. Using ArcGIS geostatistical analyst”. Manual de usuario ESRI. Pp. 20-30, 2003. Editorial ESRI. Unite States of America.

8. CURRÍCULUM



Cesar Camilo Rodríguez Sánchez: Ingeniero Electrónico de la Universidad Industrial de Santander, candidato a Máster en ingeniería Electrónica de Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Hace parte del Grupo de Investigación y Desarrollo en Radiocomunicaciones RadioGIS-UIS, Bucaramanga-Colombia. Realiza investigaciones en el ámbito

de radiación electromagnética no ionizante, en cooperación con el Ministerio de Comunicaciones de Colombia-Seccional Bucaramanga, la Universidad ICESI de Cali y la empresa INKCO de Bucaramanga. Actualmente se desempeña como Investigador líder en el grupo RadioGIS. Sus áreas de interés incluyen Sistemas de Tercera y Cuarta Generación, Sistemas de Información Geográfica aplicados a las Telecomunicaciones, efectos de la radiación electromagnética, redes de datos móviles y configuraciones MIMO para 4G. (E-mail: cesar.rodriguez@radiogis.uis.edu.co Tel.; 6344000-ext.2356. Fax: +57-7 6359622. Dir: Cra. 27 Calle 9, Bucaramanga, Edificio de Ingeniería Eléctrica y Electrónica oficina 114).



Sandra Milena Peña Vega: Ingeniera Electrónica y Especialista en Telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Hace parte del Grupo de Investigación y Desarrollo en Radiocomunicaciones RadioGIS-UIS, Bucaramanga-

Colombia. Realiza investigaciones en el ámbito de radiación electromagnética no ionizante, en cooperación con el Ministerio de Comunicaciones de Colombia-Seccional Bucaramanga, la Universidad ICESI de Cali y la empresa INKCO de Bucaramanga. Actualmente se desempeña como Investigadora en el grupo RadioGIS donde su campo de acción son las Telecomunicaciones. Sistemas de Información Geográfica aplicados a las Telecomunicaciones. Sandra.pegna@radiogis.uis.edu.co Tel.; 6344000-ext.2356. Fax: +57-7 6359622. Dir: Cra. 27 Calle 9, Bucaramanga, Edificio de Ingeniería Eléctrica y Electrónica oficina 114).



Homero Ortega Boada: Doctor en Ciencias de la Ingeniería - Kyiv Internacional University of Civil Aviation, Ucrania. Profesor de planta de Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga. Director del grupo de Investigación y Desarrollo RadioGIS de la UIS (URL: <http://radiogis.uis.edu.co>). (E-mail: homero.ortega@radiogis.uis.edu.co Tel: 6344000 ext 2356. Fax +57-7 6359622. Dir: Cra. 27 Calle 9, Bucaramanga, Edificio de Ingeniería Eléctrica y Electrónica oficina 114)