

ESPECVIEW: SISTEMA PORTÁTIL PARA EL MONITOREO, GEOREFERENCIACIÓN Y ANALISIS DEL ESPECTRO RADIOELECTRICO



AUTOR

José de Jesús Rugeles Uribe Ing. Electricista
Ing. Electrónico
Magíster en Ingeniería (c)
Grupo de Investigación en Conectividad
y Procesado de Señales (CPS).
Universidad Industrial de Santander
Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica
y Telecomunicaciones
Joseugeles@e3t.uis.edu.co
COLOMBIA

AUTOR

Victor Hugo Sánchez Baron
Ing. Electricista
Magíster en Potencia Eléctrica
Grupo de Investigación en Alta Tensión
Universidad del Valle.
Docente Escuela de Ingenierías Eléctrica y
Electrónica.
Universidad del Valle.
Vhs@univalle.edu.co
COLOMBIA

AUTOR

Antonio Jaimes Oviedo
Ing. Electricista
Profesional Universitario 3020-09
Dirección territorial del Ministerio de
Comunicaciones ciudad de
Bucaramanga.
ajaimes@mincomunicaciones.gov.co
COLOMBIA

AUTOR

Oscar Alberto Mantilla Prada Ing. Ing.
Electrónico
Universidad del Valle
Investigador del grupo de bioingeniería de la
fundación cardiovascular de Colombia.
Oscarmantilla@fcv.org
COLOMBIA

AUTOR

Eduard Sastoque Gálvez
Ing. Electrónico
Universidad del Valle
Mxsasto@yahoo.com
COLOMBIA

Fecha de Recepción del Artículo: 28 de Junio de 2007 Fecha de Aceptación del Artículo: 4 de Julio de 2007
Artículo Tipo 1

RESUMEN.

Este artículo presenta una descripción de los módulos de adquisición, georeferenciación y límites de exposición de la personas a campos electromagnéticos del sistema EspecVIEW, así como los resultados alcanzados en la comprobación de los límites de exposición humana para el rango de frecuencias de 10KHz hasta 3GHZ en tres sitios de la ciudad de Bucaramanga (COLOMBIA) de acuerdo al decreto 195-2005 del Ministerio de Comunicaciones, basado en la recomendación K.52 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT); se describe además un método para determinar los parámetros de ganancia y factor k para una antena helicoidal utilizada en el estudio.

PALABRAS CLAVE

UIT k.52
Campos Electromagnéticos
Decreto 195-2005 - Mincomunicaciones
ICNIRP

NMEA

ABSTRACT

This article presents a description of the modules of the EspecView tool: acquisition, geo-referencing and limits to

exposure of the people to Electromagnetics Fields as well as the reached results in the verification experience of the limits to human exposure from 10 KHz to 3GHz in three places of the Bucaramanga city (COLOMBIA) according to the 195-2005 decree of the Communications Ministry based in K.52 International Telecommunications Union (ITU) recommendation; moreover we present a method to find the gain and k factor parameters for an helicoidal antenna used in this study.

KEYWORDS

UIT k.52
Electromagnetic Fields
Minister of Communications Decree 195-2005
ICNIRP
NMEA

INTRODUCCIÓN

La constante evolución de los servicios de telecomunicaciones ha generado una proliferación de sistemas de comunicación inalámbrica como radio, televisión, telefonía móvil, celulares, beepers, GPS, redes de área local y en la actualidad se vislumbra una rápida masificación de nuevos sistemas como son las redes inalámbricas de banda ancha Wi-Max, redes de área personal WiFi y redes de sensores inalámbricos (IEEE 802.15.4).

Es claro que todos estos sistemas mejoran la calidad de vida de los usuarios, acortando distancias, comunicando el mundo entero y permitiendo el acceso a la sociedad de la información a grupos de personas localizadas en lugares remotos. Pero al mismo tiempo son fuentes intencionales de ondas de radio que ocasionan una mayor ocupación del espectro radioeléctrico y generan cierta preocupación en la sociedad debido al aumento de la llamada contaminación electromagnética. Esto se ve reflejado en algunas publicaciones en medios de comunicación escrita en diversas partes del mundo donde se presentan los servicios de comunicación inalámbrica como una amenaza a la salud pública.

En Colombia, con el crecimiento de la telefonía móvil ha aumentado también la preocupación de la comunidad por los riesgos que la instalación de torres de telefonía celular cerca de sus lugares de vivienda o trabajo. Esto se evidencia en la cantidad de reclamos, derechos de petición y tutelas recibidas por entidades de control ambiental, como la CDMB en la ciudad de Bucaramanga.

Esta problemática se ha discutido en algunos espacios académicos², en un foro regional³ y otro nacional⁴; donde participaron expertos en el tema, representantes de la comunidad, la academia, empresas de telecomunicaciones y las diversas entidades de regulación. El Ministerio de Comunicaciones expidió el decreto 195 [11] a finales del año 2005, donde estableció para Colombia los límites de exposición de las personas a campos electromagnéticos basándose en la recomendación K.52 [16] de la Unión Internacional de

Telecomunicaciones (UIT) y definió los requisitos únicos para la instalación de estaciones radioeléctricas.

A partir de estas discusiones se evidenció la necesidad de realizar estudios y campañas de medida locales que permitieran establecer el cumplimiento de la normatividad en el país. Si bien es cierto que el tema se viene estudiando en varios países [9], es necesario analizar las condiciones específicas de los servicios de radiocomunicación en el país. El Ministerio de Comunicaciones aunque cuenta con avanzados equipos de medida, carece de herramientas de análisis y protocolos de medida teniendo en cuentas las normativas aprobadas.

Se requiere entonces, profundizar en las técnicas de medición para radiofrecuencia y realizar estudios de casos que permitan evaluar los niveles de exposición, y que generen una base de conocimiento lo suficientemente amplia acerca de la problemática, que permita sustentar los conceptos que entidades como las secretarías de planeación o las entidades ambientales, solicitan al Ministerio de Comunicaciones respecto a las decisiones administrativas necesarias en los casos de reclamos y demandas de los usuarios que se sienten afectados por la instalación de algún tipo de antena.

Por esa razón, el objetivo principal del trabajo presentado en este artículo fue desarrollar y validar una herramienta que permitiera al Ministerio de Comunicaciones realizar mediciones y análisis de intensidad de campos electromagnéticos, a partir de la normas K.52 de la UIT y del decreto 195 del 2005 del Ministerio de Comunicaciones, empleando los equipos de medida con los que contaba para las labores de análisis espectral.

Existen antecedentes de algunas investigaciones realizadas en la ciudad de Bucaramanga empleando los equipos del Ministerio de Comunicaciones [5] [6], trabajos que han aportado al estudio de la problemática, pero donde la información ha resultado muy limitada debido a la lectura manual de los instrumentos de medida.

EspecVIEW, es un sistema portátil, destinado a la medición automática de campos electromagnéticos generados por sistemas inalámbricos cuyas frecuencias de operación están en el rango de 10KHz a 3GHz que contiene, entre otros, un módulo de análisis para la comprobación de los límites de exposición relacionados en la recomendación K.52.

Especview fue desarrollado empleando la plataforma software LabVIEW®, un receptor miniport receiver EB200 [13] y un GPS Garmin EtrexVista. La herramienta cuenta con cinco módulos: adquisición de datos, georeferenciación, monitoreo AM-FM comercial, almacenamiento-análisis y comprobación de límites de exposición.

En este artículo se describen los módulos: adquisición de datos, georeferenciación y límites de exposición, así como los resultados alcanzados en las campañas de medida realizadas en tres puntos diferentes de la ciudad, utilizando la herramienta

(1) Corporación autónoma regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga. [Http://www.cdmb.gov.co](http://www.cdmb.gov.co).

(3) Foro regional, "Telecomunicaciones, salud y medio ambiente", Bucaramanga, Dirección territorial, Ministerio de Comunicaciones Corporación autónoma regional para la defensa de la Meseta de Bucaramanga, CDMB. Diciembre 13 de 2003.

(2) Seminario Internacional "Electromagnetic Fields and Human Health". UIS Noviembre 2006.

(4) Foro Nacional, Ministerio de Comunicaciones Ministerio de protección Social Octubre 2004.

desarrollada.

1. LÍMITES DE EXPOSICIÓN

Los límites propuestos por la comisión internacional sobre la protección contra radiaciones no ionizantes (ICNIRP) (TABLA I) determinan los niveles de referencia máximos de exposición de las personas, ya sea en unidades de campo eléctrico (V/m), campo magnético (A/m) o densidad de potencia (W/m²), para una frecuencia determinada; existiendo dos tipos de límites de exposición definidos, ocupacional y público general.

El límite ocupacional se aplica a las situaciones donde las personas están expuestas a radiaciones electromagnéticas por causa de su trabajo; los límites de público general son aplicables para todas las personas cuyo oficio no esta relacionado con las fuentes de emisión radioeléctricas.

En la figura 1 se observan las zonas de exposición: conformidad, ocupacional y rebasamiento, definidas por la UIT [16].

Figura 1. Zonas de exposición a campos electromagnéticos



Tabla I. Cuadro I.2/k.52 Límites de referencia ICNIRP (valores eficaces sin perturbaciones)

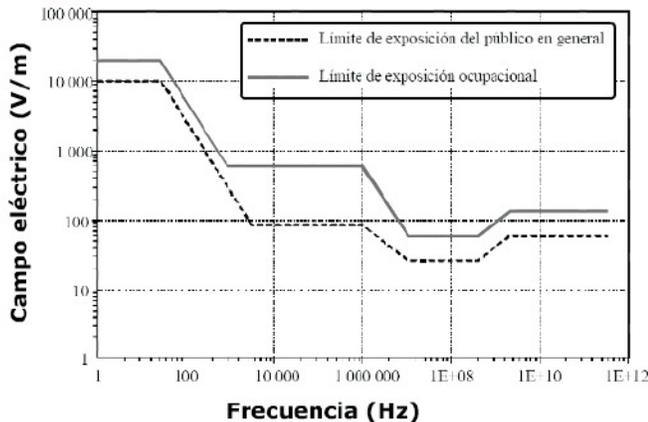
Tipo de exposición	Gama de frecuencias	Intensidad de campo eléctrico (V/m)	Intensidad de campo magnético (A/m)	Densidad de potencia de onda plana equivalente S_{eq} (W/m ²)
Ocupacional	Hasta 1 Hz	-	2×10^5	-
	1-8 Hz	20 000	$2 \times 10^5 / f^2$	-
	8-25 Hz	20 000	$2 \times 10^4 / f$	-
	0,025-0,82 kHz	500/f	20 / f	-
	0,82-65 kHz	610	24,4	-
	0,065-1 MHz	610	1,6 / f	-
	1-10 MHz	610/f	1,6 / f	-
	10-400 MHz	61	0,16	10
	400 - 2000 MHz	$3f^{1/2}$	$0,008f^{1/2}$	f/40
	2 - 300 GHz	137	0,36	50
Público en general	Hasta 1 Hz	-	2×10^4	-
	1-8 Hz	10 000	$2 \times 10^4 / f^2$	-
	8-25 Hz	10 000	5000/f	-
	0,025 -0,8 kHz	250/f	4/f	-
	0,8 - 3 kHz	250/f	5	-
	3 - 150 kHz	87	5	-
	0,15 - 1 MHz	87	0,73/f	-
	1 -10 MHz	$87/f^{1/2}$	0,73/f	-
	10 - 400 MHz	28	0,073	2
	400 - 2000 MHz	$1,375f^{1/2}$	$0,0037f^{1/2}$	f/200
2 -300 GHz	61	0,16	10	

NOTA 1 – f es la indicada en la columna gama de frecuencias.
 NOTA 2 – Para las frecuencias entre 100 kHz y 10 GHz, el tiempo de premedicación es de 6 minutos.
 NOTA 3 – Para frecuencias de hasta 100 kHz, los valores de cresta pueden obtenerse multiplicando el valor eficaz por $\sqrt{2}$ (*1.4142).
 Para impulsos de duración t, la frecuencia equivalente aplicable debe calcularse como $f=1/(t \cdot)$.
 NOTA 4 – Entre 100 kHz y 10 MHz, los valores de cresta de las intensidades de campo se obtienen por interpolación desde 1,5 veces la cresta a 100 MHz hasta 32 veces la cresta de 10 MHz. Para valores que sobrepasen 10 MHz, se sugiere que la densidad de potencia de onda plana equivalente de cresta promediada a lo largo de la anchura del impulso, no sobrepase 1000 veces el límite S_{eq} o que la intensidad de campo no sobrepase los niveles de exposición de intensidad de campo indicados en el cuadro.
 NOTA 5 – Para frecuencias superiores a 10 GHz, el tiempo de promediación es de $68 / f^{1,05}$ minutos (f en GHz).

En la zona de conformidad la exposición potencial a los campos electromagnéticos, está por debajo de los límites aplicables a la exposición ocupacional/controlada y a la exposición no controlada del público en general. En la zona ocupacional la exposición está por debajo de los límites aplicables a la exposición controlada/ocupacional, pero sobrepasa los límites aplicables a la exposición no controlada del público en general y en la zona de rebasamiento, la exposición sobrepasa los límites aplicables a la exposición controlada/ocupacional y a la exposición no controlada del público en general.

Además de las zonas, existen límites de exposición para campo eléctrico y magnético (Figuras 2 y 3), definidos de acuerdo a la frecuencia de operación.

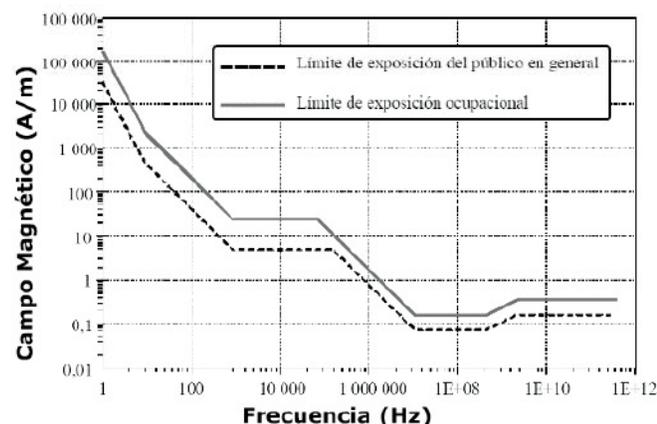
Figura 2. Límites de referencia ICNIRP de Intensidad de campo Eléctrico.



Debido a la cantidad de servicios inalámbricos existentes y su acción simultánea sobre los individuos, se requiere una evaluación que considere el aporte de todas las señales presentes en un sitio en un momento dado.

Para esta evaluación la recomendación K.52 proporciona una expresión para determinar el aporte de cada una de las fuentes. Para un rango de frecuencias comprendido desde 1khz a 300Ghz. En las frecuencias bajas (inferiores a 10 MHz), los efectos fisiológicos importantes se deben a la densidad de corriente inducida, mientras que a las frecuencias más altas (superiores a 100 KHz), los efectos fisiológicos importantes se deben a la tasa de absorción específica SAR (Specific absorption rate).

Figura 3. Límites de referencia ICNIRP de Intensidad de campo Magnético.



Para considerar el efecto de múltiples fuentes, se debe realizar una suma ponderada tanto para el campo eléctrico (Ecuaciones 1 y 2), como para el magnético (ecuaciones 3 y 4).

Para los campos eléctricos:

$$\sum_{i=1\text{KHz}}^{1\text{MHz}} \frac{E_i}{E_{l,i}} + \sum_{i>1\text{MHz}} \frac{E_i}{a} \leq 1 \quad (1)$$

$$\sum_{i=100\text{KHz}}^{1\text{MHz}} \left(\frac{E_i}{c}\right)^2 + \sum_{i>1\text{MHz}} \left(\frac{E_i}{E_{l,i}}\right)^2 \leq 1 \quad (2)$$

Donde:

E_j = Intensidad de campo eléctrico a la frecuencia j.

E_{li} = Límite de referencia a la frecuencia i

Tabla II. Constantes empleadas en las ecuaciones de campo eléctrico.

	Magnitud	Tipo de exposición
a	610 [V/m]	ocupacional
	87 [V/m]	público en general
c	610/f [V/m] (f en MHz)	Ocupacional
	87/f ^{1/2} [V/m] (f en MHz)	público en general

Para los campos magnéticos

$$\sum_{j=1\text{KHz}}^{1\text{MHz}} \frac{H_j}{H_{l,j}} + \sum_{j>1\text{MHz}} \frac{H_j}{b} \leq 1 \quad (3)$$

$$\sum_{j=100\text{KHz}}^{1\text{MHz}} \left(\frac{H_j}{d}\right)^2 + \sum_{j>1\text{MHz}} \left(\frac{H_j}{H_{l,j}}\right)^2 \leq 1 \quad (4)$$

Donde:

H_j = Intensidad de campo magnético a la frecuencia j.

H_{li} = límite de referencia a la frecuencia

Tabla III. Constantes empleadas en la ecuaciones de campo magnético.

	Magnitud	Tipo de exposición
b	24,4 [A/m]	ocupacional
	5 [A/m]	público en general
d	1,6/f [A/m] (f en MHz)	ocupacional
	0,73/f [V/m] (f en MHz)	público en general

1.1 Implementación del cálculo de Límites de

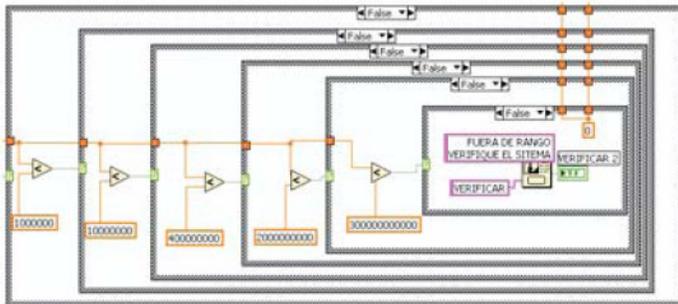
exposición.

Para el diseño del software se tiene en cuenta la tabla I, en la asignación del límite y su expresión en dBuV/m mediante la ecuación (5).

$$dB\mu V/m = 20 * \text{Log} \left(\frac{V/m}{1\mu V} \right) \quad (5)$$

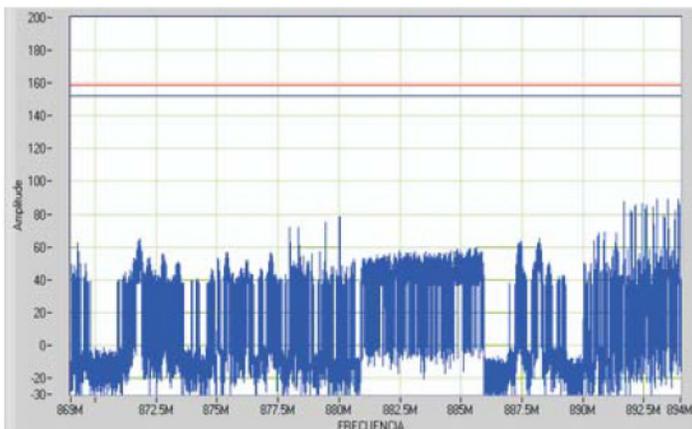
La transformación de la tabla I es implementada en LabView con el fin de obtener la máscara que indica el límite de exposición, el proceso implementado en EspecVIEW se muestra en la Figura 4.

Fig 4. Comparaciones sucesivas.



Se crea una máscara sobre el espectro capturado como se observa en la figura 5, de manera que es posible observar los sobrepasos.

Fig. 5. Máscara y señal de campo eléctrico

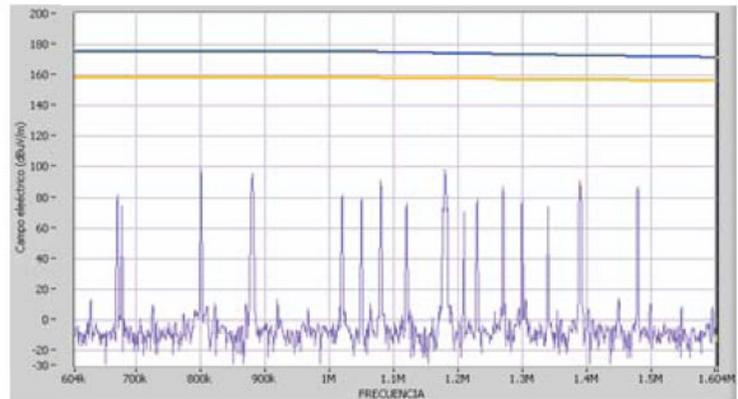


Cuando una emisión supera el umbral preestablecido, se enciende una alarma y se registra el valor de la frecuencia que excede el nivel con su valor pico de sobrepaso, hora, fecha y posición geográfica, en una tabla de registro que mantendrá los valores.

La figura 6 presenta los límites de exposición para la banda comercial de amplitud modulada, desde 604 KHz hasta 1600 KHz, en una medida realizada en las instalaciones de la dirección territorial del Ministerio de Comunicaciones en la ciudad de Bucaramanga.

Fig. 6. Máscara de límites de exposición ocupacional y

publico para la banda de AM.



En esta manera, es posible determinar las zonas de conformidad, detectar los emisores cuyo nivel superan los límites de exposición, además se muestra la exposición porcentual tanto del público general, como el ocupacional

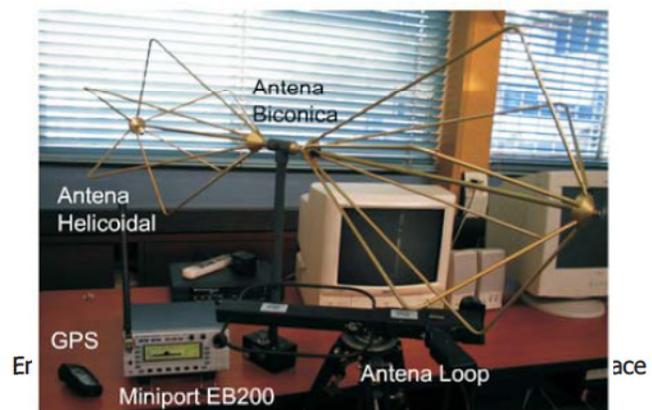
2.ADQUISICIÓN DE DATOS

La herramienta EspecView, utiliza el equipo Miniport receiver EB200 [13] (Figura 7) que permite obtener lecturas en un rango de 9KHz a 3GHz. Para su implementación, se estudió el protocolo de comunicación serial empleado por el instrumento y se desarrolló el algoritmo de comunicación, de manera que fué posible controlar todas las funciones del instrumento mediante comandos enviados desde el software.

Para medir el espectro en el rango 9KHz a 3GHz fue necesario utilizar antenas adecuadas de acuerdo al rango de medida. Se emplearon tres antenas diferentes para barrer este rango del espectro (Tabla IV). Desde 9KHz a 20 MHz se utilizó una antena Loop HE200 HF marca RHODE&SCHWARZ; de los 20 MHz a 330 MHz, se seleccionó la antena Biconica SAS542 A.H. SYSTEMS, INC, y de los 20 MHz 3GHz se utilizó una antena helicoidal de marca desconocida, suministrada por la empresa RHODE&SCHWARZ.

Durante la selección de las antenas, se consideró la disponibilidad de las mismas en todas las direcciones territoriales, de manera que los resultados obtenidos con este trabajo se pudiesen replicar en cualquiera de las sedes del Ministerio, en el país.

Fig.7. Equipos del sistema EspecVIEW



necesario utilizar antenas omnidireccionales [3],[13] para considerar todas las posibles señales incidentes. En la figuras 8, 9 y 10 se presentan los patrones de radiación correspondientes a cada una de ellas.

Las magnitudes de limites de referencia (Tabla I) dadas por la Comisión Internacional de Protección Contra Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP) se establecen para medidas eficaces de Intensidad de Campo Eléctrico (V/m), Intensidad de Campo Magnético y Densidad de Potencia (W/m²), por esta razón se requiere una transformación de unidades de dBuV a dBuV/m para las medidas realizadas con el Miniport EB200; para esto se adiciona un factor k de antena al nivel de voltaje V indicado por el receptor de prueba, como muestra la ecuación 6.

$$E[dB(1\mu V/m)] = V[dB(1\mu V)] + k[dB(1/m)] \quad (6)$$

$$k[dB/m] = -29.8 dB + 20 \log f / MHz - G \quad (7)$$

donde G, corresponde a la ganancia de la antena en dBi y f es el valor de la frecuencia expresado en MHz.

Para cada antena fue necesario determinar el valor de k. Este parámetro fue suministrado por el fabricante para las antenas loop de cuadro (Figura 11) y biconica (Figura 12).

Para la antena helicoidal (Figura 10), este parámetro era desconocido, por lo cual fue necesario realizar una caracterización que permitiera calcularlo.

Tabla IV. Antenas del Sistema EspecVIEW.

Rango de frecuencia	Tipo de antena	
9KHz- 20 MHz	HE200 HF. Loop de Cuadro RHODE&SCHWARZ. [8]	
20 MHz- 330 MHz	SAS542. Biconica A.H. SYSTEMS, INC. [1]	
20 MHz – 3GHz	HELICOIDAL MARCA DESCONOCIDA	

Para determinar este factor [10] es necesario conocer la ganancia de la antena relacionada a la frecuencia de estudio como se muestra en la ecuación (7). La ganancia se calcula mediante la ecuación (8):

$$Gt(dBi) = Pr(dBm) - Pt(dBm) + Fo(dB) - Gr(dBi) \quad (8)$$

donde:

Gt(dBi) = ganancia de la antena transmisora;
Pr(dBm) = potencia recibida;

Pt(dBm) = potencia transmitida;
Fo(dB) = perdida de espacio libre;
Gr(dBi) = ganancia de la antena receptora;

Para determinar las perdidas de espacio libre [11] se emplea la ecuación (9)

$$Fo(dB) = 92.44 + 20 * \log_{10}(F/G) + 20 * \log_{10}(D/Km) \quad (9)$$

Donde:

Fo = perdida de espacio libre (dB);
F = frecuencia en GHz;
D = distancia en kilómetros;
G = ganancia de la antena;

Fig. 8. Patrón de radiación HE200 HF.

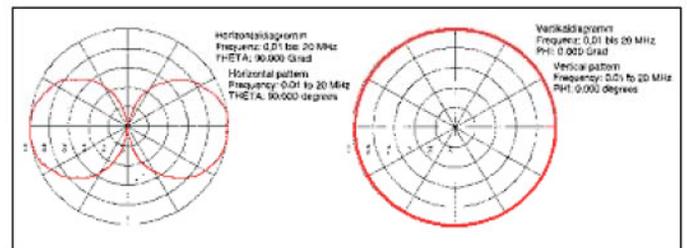


Fig. 9. Patrón de radiación SAS542. Biconica A.H. SYSTEMS, INC.

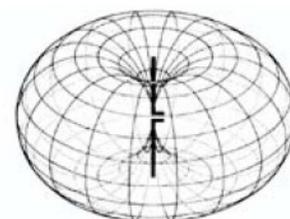
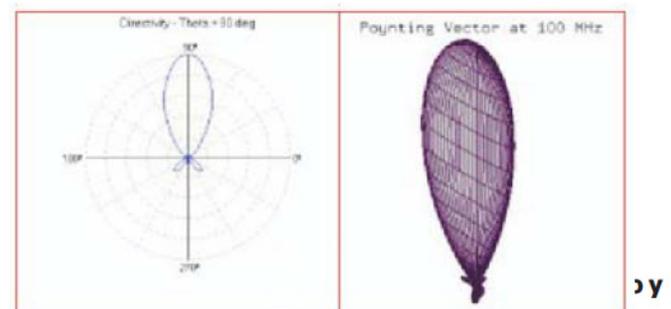


Fig. 10. Patrón de radiación de una antena helicoidal.



pasivo

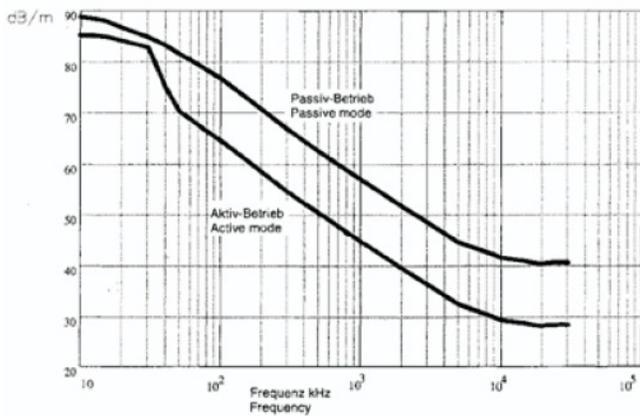
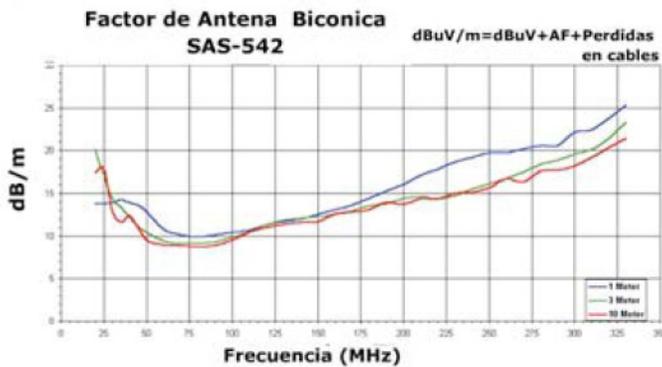
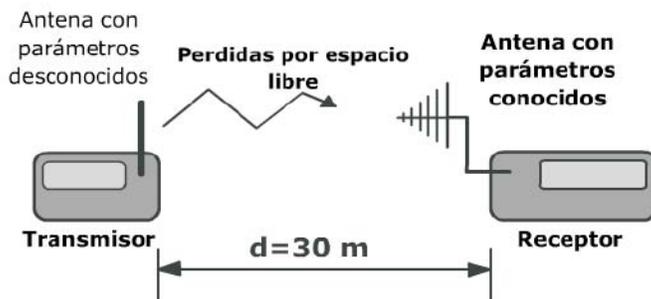


Fig. 12. Factor k de la antena bicónica SAS 542 en 1, 3 y 10 metros



El procedimiento para obtener la ganancia de la antena helicoidal consistió en la ubicación a una distancia de 30 metros dos equipos en espacio libre, uno operando como transmisor y el otro como receptor, la antena helicoidal bajo prueba se instaló en el transmisor con una potencia constante de 13dBm como se muestra en la figura 13.

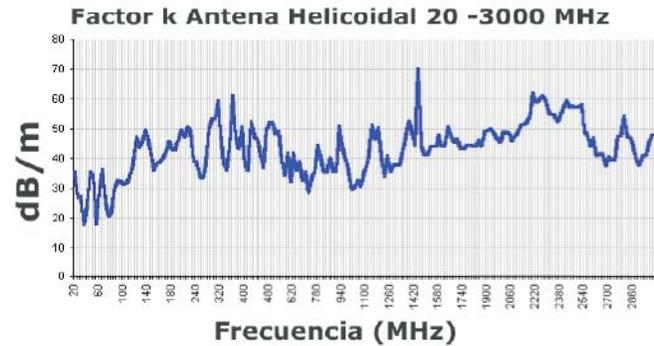
Fig.13. Montaje para la obtención de la ganancia de antena helicoidal



Se recorrió toda la banda desde 20MHz a 3GHz capturando la señal recibida. Los valores encontrados y la aplicación de la ecuación de espacio libre (9) permitieron parametrizar el comportamiento de la ganancia respecto a la frecuencia y determinar el factor k correspondiente mediante la ecuación

(7). Los resultados obtenidos para el factor k de la antena helicoidal se muestran en la figura 14.

Fig. 14. Factor k de la antena helicoidal



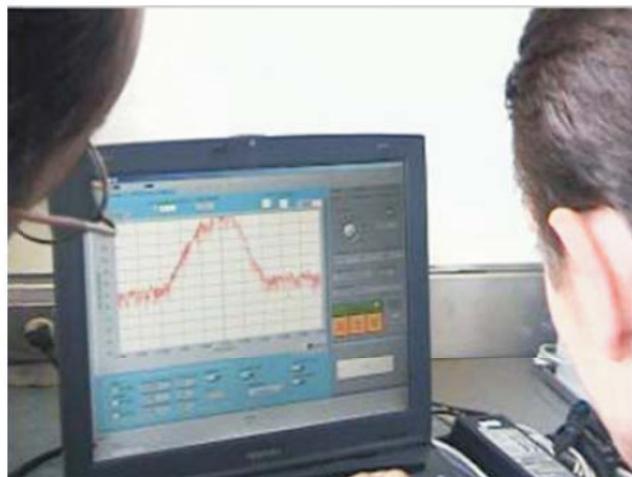
El cálculo de este parámetro, permitió ajustar las mediciones realizadas con el equipo miniport receiver.

3. VISUALIZACIÓN DE DATOS

EspecVIEW fue desarrollado empleando la plataforma software LabVIEW® versión 7.0, La figura 15 presenta la interface de usuario de la herramienta. Los datos se pueden visualizar en dos o tres dimensiones, la figura 16 muestra una señal en frecuencia modulada.

Se consideró emplear Visual Basic o Visual C++, pero se optó por LabView, por ser una plataforma familiar para los estudiantes de pregrado en ingeniería Electrónica que facilita la labor de programación al contener módulos de procesamiento de señales, visualización y comunicación serial.

Fig. 15. Interface de usuario del EspecVIEW



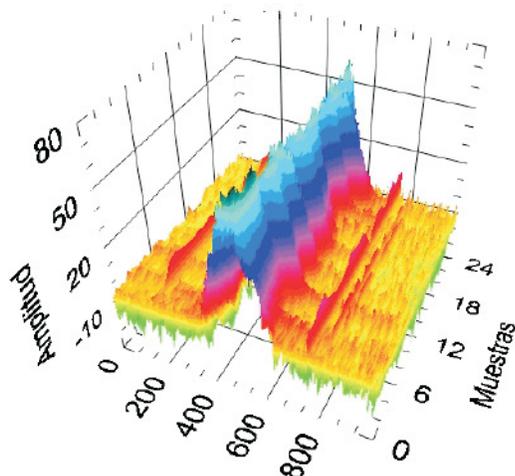
4. GEOREFERENCIACIÓN

El módulo de georeferenciación permite obtener datos geográficos sobre latitud, longitud, altura, hora y orientación provenientes de un GPS Garmin EtrexVista; esta información es indispensable para georeferenciar medidas de intensidad de

campo, generación de información sobre zona de servicio para estaciones radiales y seguimiento a señales ilegales. En este trabajo fue necesario realizar un estudio detallado de los protocolos y estándares utilizados por los dispositivos GPS, requeridos para el desarrollo del software.

Se presenta a continuación la información acerca de la estructura del formato de datos NMEA que puede resultar de utilidad para crear otras aplicaciones que utilicen dispositivos GPS.

Fig. 16. Visualización tridimensional



4.1 Comunicación serial con el GPS

Los datos se transmiten desde el GPS al PC vía RS232, a una velocidad de 4800 bps, 8 bits por dato, sin paridad y con un bit de parada utilizando el formato NMEA (National Marine Electronics Association); estos datos incluyen información PVT (posición, velocidad y tiempo); el formato NMEA se fragmenta en líneas de comandos llamados sentencias, que contienen independientemente del orden, los datos necesarios para la georeferenciación. El estándar NMEA tiene dos letras como prefijo que identifican el tipo de equipo, un receptor GPS tiene asignado las letras GP.

Las sentencias propietario son definidas por los fabricantes y comienzan con la letra P seguidas por tres letras identificando la marca. Las sentencias de la marca Garmin se identifican así PGRM; cada sentencia comienza con el símbolo \$, tiene un máximo de 80 caracteres terminando con un fin de línea y retorno de carro; la información está separada por comas y al final es enviado un dato de comprobación.

4.2 Sentencias NMEA

En la tabla V, se presenta una captura de datos obtenidos de un GPS Garmin a través del puerto serial, la trama de datos está compuesta por 12 sentencias con información típica que el EtrexVista [8] genera cada 2 segundos y a partir de las cuales se puede encontrar la información deseada.

Se incluyen los detalles de las sentencias utilizadas por resultar

útiles para el desarrollo de software con dispositivos de posicionamiento global.

Tabla V. Datos capturados del GPS Garmin EtrexVista cada 2 segundos

```
$GPRMC,123519,A,4807.038,N,01131.000,E,022.4,0
84.4,230394,003.1,W,*43
$GPRMB,A,,,,,,,,,A,A*0B
$GPGGA,200904,3907.3768,N,12102.4766,W,1,05,2,
6,507.9,M,-24.1,M,,*7B
$GPGLL,3907.3768,N,12102.4766,W,200904,A,A*5E
$GPBOD,,T,,M,,*47
$GPBWC,200904,,,,,T,,M,,N,,A*74
$GPVTG,311.9,T,296.6,M,0.0,N,0.0,K*4F
$GPXTE,A,A,,,N,A*51
$PGRME,8.4,M,12.0,M,15.0,M*25
$PGRMZ,1699,F*33
$PGRMM,WGS 84*06
$HCHDG,,,15.3,E*30
$GPRMC,200906,A,3907.3766,N,12102.4765,W,0.0,3
11.9,301101,15.3,E,A*32
```

Sentencia RMC: contiene la hora UTM (Proyección Universal Transverse Mercator) y el estado del GPS.

De la sentencia:

```
$GPRMC,123519,A,4807.038,N,01131.000,E,022.4,084.4,23
0306,003.1,W,*43
```

Se obtiene la información presentada en la tabla III.

Tabla VI. Información contenida en la sentencia \$GPRMC

Sentencia	Descripción
RMC	Sentencia C Mínimo Recomendado
123519	Ajuste aceptado en 12:35:19 UTC
A	Categoría A=activa or V=Vacía.
4807.038,N	Latitud 48 grados 07.038' N
01131.000,E	Longitud 11 grados 31.000' E
022.4	Velocidad sobre la tierra en nudos
084.4	Angulo de vía en grados exactos
230306	Fecha – 23 de Marzo 2006
003.1,W	Variación Magnética
*43	Dato de comprobación, siempre comienzan con *

Sentencia \$GPGGA: provee información de la posición en tres dimensiones y la exactitud de la medida. En la tabla IV se encuentra la información obtenida de la trama:

```
$GPGGA,200904,3907.3768,N,12102.4766,W,1,05,2,6,507.9,
M,-24.1,M,,*7B
```

Tabla VII. Información contenida en la sentencia

\$GPGGA

Sentencia	Descripción
GGA	Sistema de Posicionamiento Global
200904	Ajuste aceptado en 20:09:04 UTC
3907.3768,N	Latitud 39 grados 07.3768' N
12102.4766,W	Longitud 121 grados 02.4766' W
1	Ajuste de calidad: 0 = inválido, 1 = GPS fix, 2 = DGPS fix
05	Número de satélites siendo rastreados
2.6	Dilución Horizontal de posición
507.9,M	Altitud, Metros, por encima el nivel del mar
-24.1,M	Altura de la tierra (significa nivel del mar) por encima del elipsoide WGS84
(campo vacío)	tiempo en segundos desde la última actualización DGPS
(campo vacío)	Estación DGPS número ID identificación
*7	Dato de comprobación, siempre comienzan con *

Sentencia \$PGRMM: Indica cual es el datum de referencia utilizado. En la línea 11 de la tabla V, aparece la sentencia \$PGRMM, WGS 84*06, la cual indica que el datum utilizado es el WGS84.

Sentencia HCHDG: Corresponde a la información de la variación magnética. Este dato es importante para realizar una corrección del norte real. De la sentencia: \$HCHDG,101.1,,,7.1,W*3C se tiene:

Tabla VIII. Información contenida en la sentencia \$HCHDG

Sentencia	Descripción
HCHDG	Título magnético, desviación, variación
101.1	Título
,,	desviación (sin dato)
7.1,W	Variación

5. CAMPAÑAS DE MEDIDA

Se seleccionaron algunos sitios en la ciudad de Bucaramanga para establecer los niveles de exposición a público general y ocupacional para múltiples fuentes, empleando la herramienta EspecVIEW. La selección de los sitios se realizó teniendo en cuenta la proximidad a fuentes de radiación intencional. Se consideraron los servicios de Amplitud Modulada (AM), Frecuencia Modulada (FM) y telefonía móvil en las bandas donde se concentra la mayor cantidad de emisiones intencionales. Se seleccionaron tres sitios: Un conjunto habitacional del barrio Provenza, (figura 17) cerca a tres estaciones base de diversos operadores de telefonía móvil localizado en un área densamente poblada en el centro del área metropolitana de la ciudad de Bucaramanga (Conjunto Residencial). El otro sitio (Aeropuerto) corresponde a una zona muy cercana al aeropuerto Palonegro (figuras 19),

en el occidente de la ciudad, donde se encuentran algunos transmisores de FM, y un tercer sitio (Zona de transmisores) localizado en el extremo oriente de la ciudad (figura 18) donde están instalados transmisores de AM y telefonía móvil, en sus alrededores existen viviendas y restaurantes.

En la figura 17 se puede apreciar la proximidad de una de las antenas de telefonía móvil con la edificación de 5 pisos. Se seleccionó este sitio, por ser uno de los lugares donde la comunidad presentaba reclamos ante el Ministerio de Comunicaciones, por existir tres estructuras de antenas de telefonía móvil, cercanas a las viviendas.

Fig. 17. Antena de telefonía móvil en cercanías al conjunto habitacional



En la figura 19, se observan las estructuras de las antenas omnidireccionales empleadas por transmisores de potencia localizados en el aeropuerto Palonegro.

Fig 18. Mediciones realizadas en el aeropuerto Palonegro.



Est

a las

instalaciones del aeropuerto y porque sus empleados se ven expuestos constantemente a las señales provenientes de estos transmisores.

En la figura 19, es evidente la alta densidad de antenas en la estructura, lo cual preocupa a la comunidad. La mayoría de antenas instaladas en este lugar corresponden a reflectores parabólicos, con una alta directividad, empleados en servicios de microondas, los cuales requieren línea de vista con los otros puntos para su funcionamiento.

También en estas estructuras se encuentran instaladas antenas para transmisiones de Amplitud modulada.

Fig 19. Mediciones realizadas en la zona de transmisores.



Los resultados de las campañas de medida, se presentan en la tabla VII.

Tabla IX. Resultados de mediciones en la ciudad de Bucaramanga

	AM [MHZ]	FM [MHZ]	CELULAR 1 [MHZ]	CELULAR 2 [MHZ]
CONJUNTO RESIDENCIAL				
Rango de Frecuencia	10KHz -15,01	88 - 108	869 - 894	1950 - 1990
Exposicion porcentual				
Publico	0,00749	0,0000367	0,00001859	0,0000109
Exposicion porcentual				
Ocupacional	0,0010687	0,0000039	0,0000039039	0,0000022952
Sobrepaso Público	0	0	0	0
Sobrepaso Ocupacional	0	0	0	0
Intensidad de Campo				
Electrico (dBuV/m)	117,37	129,82	136,2	132,77
AEROPUERTO				
Exposición porcentual				
Publico	0,285549	0,00000032	0,00001736	0,00000933
Exposición porcentual				
Ocupacional	0,0407	0,00000683	0,00000368	0,00000196
Sobrepaso Público	0	0	0	0
Sobrepaso Ocupacional	0	0	0	0
Intensidad de Campo				
Electrico (dBuV/m)	109,606	112,247	116,215	114,733
ZONA DE TRANSMISORES				
Exposición porcentual				
Publico	1,74964	0,000777	0,006408	0,0003423940
Exposición porcentual				
Ocupacional	0,2495	0,000163	0,001346	0,0000719
Sobrepaso Público	0	0	0	0
Sobrepaso Ocupacional	0	0	0	0
Intensidad de Campo				
Electrico (dBuV/m)	124,147	123,68	139,905	133,894

6.1 Conjunto Residencial

De acuerdo a los resultados consignados en la tabla IX, se puede concluir que para este sitio no se exceden los límites en ningún caso.

El máximo nivel alcanzado corresponde a la banda de servicios comerciales de Amplitud modulada con un valor porcentual de 0,00749 % para público general y de 0,0010687 % para exposición ocupacional teniendo en cuenta la norma K.52.

En las bandas celulares aunque las antenas están ubicadas muy cerca al sitio de la medida (50 m) los niveles alcanzados para público general fueron de 0,00001859 % y 0,0000039039 % para exposición ocupacional.

6.2 Aeropuerto

Para este sitio no se encontró ningún caso de sobrepaso público u ocupacional, que superara los límites de exposición.

En el sitio del aeropuerto, se encontró que los niveles más altos siguen correspondiendo a los servicios de AM alcanzado un porcentaje de 0,285549 % para la exposición a público general.

6.3 Zona de transmisores

Para la zona de transmisores se evidencia un aumento de los niveles para la exposición de público general con un valor de 1,74964 % en la banda de AM y un aumento de los niveles en la banda de telefonía móvil respecto del aeropuerto alcanzando valores de 0,006408 % para la exposición a público general y 0,001346 % para la exposición ocupacional.

El caso más extremo no alcanza el 2% del límite establecido por la el decreto 195 del Ministerio de Comunicaciones en exposición a público general y corresponde al servicio de AM en cercanía de los transmisores. Para los otros servicios los niveles alcanzados están muy por debajo de los límites siendo el valor porcentual más alto de 0,006408 % registrado en inmediaciones de la zona de transmisores.

7. CONCLUSIONES

EspecView es una herramienta portátil, que emplea equipos de propiedad del Ministerio de Comunicaciones y que permite automatizar mediciones en la banda de 10 KHz a los 10 GHz y realizar análisis especializados, como la comprobación de los niveles de exposición a radiaciones electromagnéticas de acuerdo a los recomendación K.52 adoptada por el ministerio de Comunicaciones mediante el decreto 195 del 2005.

Fue posible comprobar mediante mediciones, que los niveles de exposición a radiaciones electromagnéticas en tres lugares de la ciudad, considerados sensibles, no superaron en ninguno de los casos los límites de exposición. El máximo nivel de intensidad de campo eléctrico fue de 139 dBuV/m. Lo cual esta muy por debajo de los límites de exposición establecidos por la norma K.52.

Los niveles más altos encontrados no corresponden a las bandas de telefonía móvil, sino a las de emisiones de amplitud modulada, que se encuentran instaladas hace varios años. Es necesario prestar atención a otros sitios donde pudieran excederse los niveles en esta banda del espectro.

Es necesario realizar mediciones en otros sitios, de manera que se pueda perfeccionar el protocolo de medición y ampliar las bases de datos con medidas que permitan analizar casos de reclamos por parte de la comunidad e identificar sitios que pudieran exceder los límites de exposición.

Se requiere realizar estudios en ambientes cerrados donde la explosión de servicios de comunicación inalámbrica de corto alcance hace que los niveles de exposición permanente se hayan incrementado en los últimos años, debido a la aparición de tecnologías como Bluetooth y redes inalámbricas de área personal W-LAN, y donde en van a operar dispositivos con nuevas tecnologías inalámbricas de área personal, como ZigBee y Ultra Wide Band.

Se espera que los resultados de estos estudios sirvan como un aporte al estudio de la problemática local de manera que la comunidad tenga una visión más amplia de los fenómenos y también de las políticas establecidas por el Ministerio de Comunicaciones, para regular los niveles de exposición a campos electromagnéticos.

8. PERSPECTIVAS

El futuro es completamente inalámbrico y entregara grandes beneficios a toda la humanidad, pero los niveles de radiación electromagnética van a aumentar con el tiempo y es necesario dar importancia a los estudios de los efectos biológicos de las señales radioeléctricas de manera que sea posible generar parámetros de diseño y regulaciones en materia de seguridad para la instalación y operación de los sistemas inalámbricos, en sitios como viviendas y lugares de trabajo, donde los niveles de exposición son prolongados.

El IEEE aprobó recientemente (Octubre de 2005) un nuevo estándar, el IEEE C95.1 "Standar for safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 3 KHz to 300 GHz ". Está basado en el estándar anterior IEEE C95.1-1991. Esta nueva versión presenta algunas diferencias con respecto a las disposiciones actuales de la ICNIRP para las bandas de telefonía móvil así como para dispositivos y sistemas inalámbricos actuales.

9. REFERENCIAS

- [1] ARAVIND, M.K.; Parthasarathy, T.; Rao, P.N.A.P.; Pande, D.C.; Low cost solution for emission measurement. *Electromagnetic Interference and Compatibility*, 2002. Proceedings of the International Conference on. 21-23 Feb. 2002 Page(s):240 - 242
Digital Object Identifier: 10.1109/ICEMIC.2002.1006521
- [2] A.H. SYSTEMS, INC. *Biconical Antennas: ?en línea?* California: Chatsworth. 2005. Disponible en Internet: URL:<http://www.AHSystems.com>.
- [3] ANTENNA RESEARCH ASSOCIATES, INC. *Technical manual electric field receiving antenna*. Beltsville, Maryland. 1999.
- [4] DAVIDE, F.; Paolo, G.; Renato, S.; Roberto, V.; Measurements and numerical evaluation of the electric field in the near-zone of radio base station antennas. *Antennas and Propagation Society International Symposium*, 2001. IEEE. Volume 3, 8-13 July 2001 Page(s):338 - 341 vol.3

- Digital Object Identifier 10.1109/APS.2001.960102
- [5] GARCÍA Alexis Paolo, Ortega Homero, Jaimes Antonio, Gallo Fidelingna, Prieto Martha. *Simulación y validación de los niveles de irradiación electromagnética en las inmediaciones de una radio base para la verificación de normas en condiciones andinas*. Universidad del Valle 2004.
- [6] GARCÍA Alexis Paolo, Ortega Homero, Carreño Yair. *Predicción de perdidas por propagación por medio del modelo andino UIS*. Universidad Industrial de Santander 2005.
- [7] GARDIOL, F.; Biological Effects of Portable Communication Equipment A Review. *Applied Electromagnetics and Communications*, 2005. ICECom 2005. 18th International Conference. 12-14 Oct. 2005 Page(s):1 6
- [8] GARMIN. *Manual de usuario: Etrexvista*. Estados Unidos, 2002.
- [9] GIULIANI, L.; Bedini, A.; Giliberti, C.; Borra, M. *Environmental investigation on the electromagnetic field levels in the urban area of Rome (Italy)*. D'Emilia, E.; Palomba, R. *Electromagnetic Compatibility*, 2003. EMC '03. 2003 IEEE International Symposium on. Volume 2, 11-16 May 2003 Page(s):717 - 719 Vol.2. Digital Object Identifier: 10.1109/ICSMC2.2003.1429004
- [10] HEWLETT PACKARD. *Spectrum analysis: field strength measurement*. Application note 150-10. Estados Unidos: 1976.
- [11] MINISTERIO DE COMUNICACIONES. *Decreto 195: límites de exposición de personas a campos electromagnéticos*. Bogotá: 2005.
www.mincomunicaciones.gov.co
- [12] LIN. C JAMES. *A new standar for Safety Levels with respect to human exposure to Radio-frequency radiation*. Universidad de Illinois.Chicago. *IEEE Antennas and propagation Magazine*, Vol. 48, No 1, Febrero 2006.
- [13] RHODE&SCHWARZ. *Manual Miniport Receiver EB200*. Alemania: 2000. Disponible en internet: URL:<http://www.rohde-schwarz.com>.
- [14] ROHNER, Christof. *ROHDE?SCHWARZ: antenna basics*. Alemania: 2003. Disponible en internet: URL:<http://www.rohde-schwarz.com>.
- [15] SALOVARDA, M.; Malaric, K. *Measurements of Electromagnetic Smog.; Electrotechnical Conference*, 2006. MELECON 2006. IEEE Mediterranean 16-19 May 2006 Page(s):470 - 473
Digital Object Identifier 10.1109/MELCON.2006.1653140.
- [16] UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES. K-52: orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos. Ginebra: 2000.
- [17] UNAL, E.; Gokcen, A.; Kutlu, Y. *Effective electromagnetic shielding*. *Microwave Magazine*, IEEE. Volume 7, Issue 4, Aug. 2006 Page(s): 48 54 Digital Object Identifier: 10.1109/MMW.2006.1663989.
- [18] WINTER, A. y YORDANO, L. *ROHDE?SCHWARZ: field strength and power estimator*. Alemania: 2005.

