



Institución Universitaria

ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

Tercer Simposio Nacional

SERGIO SERNA
Compilador

Celebrado en Medellín el 4 y 5 de noviembre de 2010

**ELECTRÓNICA,
TELECOMUNICACIONES Y
CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**

Tercer Simposio Nacional

SERGIO SERNA

Compilador



Celebrado en Medellín el 4 y 5 de noviembre de 2010

Simposio Nacional Electrónica, telecomunicaciones y ciencias de la computación (3. : 2010 : Medellín)
Electrónica, telecomunicaciones y ciencias de la computación: Tercer Simposio Nacional / compilado por Sergio Serna ; editor Silvia Inés Jiménez Gómez. -- 1ª. ed. -- Medellín: Instituto Tecnológico Metropolitano, 2011.
214 p. : il.
Incluye referencias bibliográficas
ISBN: 978-958-8351-99-5
1. Electrónica 2. Telecomunicaciones. 3. Computación. I. Serna, Sergio (Compilador). II. Jiménez Gómez, Silvia Inés (Editora). III. Título.
621.38 SCDD 21 ed.

Catalogación en la publicación - Biblioteca ITM

Electrónica,
Telecomunicaciones y
Ciencias de la Computación
Tercer Simposio Nacional,
celebrado en Medellín el 4 y 5 de noviembre de 2010

SERGIO SERNA
Compilador

Grupo de Investigación en Integración de Soluciones con
TIC-GIT
Edición: septiembre de 2011

©Instituto Tecnológico Metropolitano

ISBN: 978-958-8351-99-5

Hechos todos los depósitos legales
Publicación electrónica para consulta gratuita

Rectora
LUZ MARIELA SORZA ZAPATA

Editora
SILVIA INÉS JIMÉNEZ GÓMEZ

Comité académico Editado en Medellín, Colombia
Alexánder Arias
Adolfo Escobar
Carlos Andrés Madrigal
María Elena Moncada
Sergio Serna
Claudia Milena Serpa

Corrección de textos
JUAN ARANGO

Diagramación
ALFONSO TÓBON BOTERO

Editado en Medellín, Colombia
Fondo Editorial

Instituto Tecnológico Metropolitano
Calle 73 No. 76A 354 • Tel.: (574) 440 5382 • Fax: 440 5252
www.itm.edu.co
Medellín - Colombia

Se concede permiso para copiar, distribuir o modificar este documento bajo los términos de la Licencia de Documentación Libre de gnu, versión 1.3, o cualquier otra versión posterior publicada por la Free Software Foundation.

AUTORES

- Torrez Chávez, Ivaldo
- Tamayo Londoño, Christian Fernando
- Suárez, Rocío S.
- Serpa Imbett, Claudia Milena
- Sánchez, Andrés
- Rincón Ardila, Liz Katherine
- Ramirez Correa Mario Antonio
- Puerto Acosta, Jorge Andrés
- Padilla Bejarano, José Bestier
- Navarro Cadavid, Andrés
- Navarro Pérez, Álvaro Andrés
- Muñoz Gutierrez, Pablo Andrés
- Marín, José G.
- Madrigal González, Carlos Andrés
- López Echeverry, Ana María
- Herrera, José J.
- Guevara Calume, Roberto Carlos
- Guerrero Peña, Diego Alejandro
- Grajales, Jhon J.
- Gómez Cardona, Nelson Darío
- García, Jhorman A.
- Díaz Rodriguez, Jorge Luis
- Cortés Rojas, Oscar Eduardo
- Clavijo Botero, Luz Mery
- Castaño Mejía, Jovanny Antonio
- Buitrago Giraldo, Julián Alberto
- Beleño Sáenz, Kelvin de Jesús
- Arias Londoño, Alexander
- Arboleda Cataño, Ángela María
- Arango, Ramiro
- Serna Garcés, Sergio Ignacio
- Agudelo Ramírez, Julio César
- Aguirre Ramos, Javier
- Álvarez, Yuly P.
- Anaya, Raquel de Páez
- Zapata T., Carlos Andrés
- Vargas Bernal, Leonardo
- Trujillo Vargas, Jonh Antonio

INVITADOS

- **ANA RUEDIN, PH. D.**
Doctora en Ciencias de la Computación, Universidad de Buenos Aires.
Profesora del Departamento de Computación, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.
- **CÉSAR GERMÁN CASTELLANOS, PH. D.**
Doctor en Ingeniería, Instituto de Telecomunicaciones de Moscú.
Profesor Titular del Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Computación, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Nacional de Colombia, seccional Manizales.
- **CARLOS ANDRÉS RAMOS PAJA, PH. D.**
Doctor en Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones, Universitat Rovira I Virgili, España.
Profesor Titular del Departamento de Mecatrónica, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, seccional Medellín.

TABLA DE CONTENIDO

1	Implementación de un sistema de instrumentación para el invernadero de la Unidad Agroecológica La Aldana de la Universidad de Quindío	15
2	Arquitectura hardware-software para un robot sumo	29
3	Sistema pervasivo de computación urbana para entornos turísticos en el Zoológico de Cali	43
4	Sistema para el monitoreo y control vía RF del invernadero de la Unidad Agroecológica La Aldana de la Universidad de Quindío	57
5	Navegación inteligente de un robot móvil mediante lógica difusa....	69
6	Diseño e implementación de un prototipo simulador de sonidos cardiopulmonares	83
7	Desarrollo de aplicaciones para microcontroladores utilizando diagramas de flujo.....	95
8	Configuración e implementación de redes de datos con direccionamiento IPV4 EIPV6	111
9	Cifrado de datos mediante NETFPGA.....	125
10	Teoría de pascal como filtro digital para el tratamiento del ruido generado por un motor de inducción tipo jaula de ardilla	139
11	SIG aplicado a la atención de emergencias.....	151
12	Sistema de identificación de objetos activos y pasivos de la competencia robocup usando visión artificial.....	159
13	Software educativo aplicado a la enseñanza del modelado de software.....	173

14	Análisis del desempeño de la capa física de un enlace de fibra óptica DWDM	187
15	Metodología para el diseño del observatorio de telecomunicaciones para la ciudad de Medellín (OTM)	199



PREFACIO

Este libro incluye los artículos presentados como ponencias en el Tercer Simposio Nacional de Electrónica, Telecomunicaciones y Ciencias de la Computación, ETCC 2010, celebrado el 4 y 5 de noviembre de 2010, organizado por el Grupo de Investigación en Integración de Soluciones con TIC-GIT del Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín.

El ETCC 2010 propende por la integración y divulgación de trabajos académicos y empresariales en las áreas de la electrónica, las telecomunicaciones y las ciencias de la computación. Las conferencias del ETCC 2010 abarcaron un gran número de tópicos de investigación y aplicación, entre los que se encuentran electrónica de potencia, procesamiento de señales, compresión y cifrado de datos, comunicaciones por fibra óptica y RF, automatización, robótica e inteligencia artificial.

El ETCC 2010 fue auspiciado por el Instituto Tecnológico Metropolitano, ITM, institución universitaria de carácter público y naturaleza autónoma, adscrita a la Alcaldía de Medellín, que ofrece formación integral en ciencia y tecnología a las personas de menores recursos económicos de la ciudad. El ETCC 2010 pretende constituirse en un evento a nivel nacional que permita a los profesionales de la academia y la industria discutir los progresos recientes en electrónica, telecomunicaciones y ciencias de la computación.

Los autores de los artículos declaran ser responsables y estar de acuerdo con el contenido del artículo, el cual corresponde a estudios originales no publicados previamente bajo ninguna modalidad, ni remitidos para su consideración a ningún otro



evento. Adicionalmente, todas las Tablas y Figuras que aparecen en este libro, y que no llevan fuente, son elaboración de los autores.



1. IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INSTRUMENTACIÓN PARA EL INVERNADERO DE LA UNIDAD AGROECOLÓGICA LA ALDANA DE LA UNIVERSIDAD DE QUINDÍO

Ángela M. Arboleda,
Óscar E. Cortés,
Julián A. Buitrago,
Rocío S. Suárez y Pablo A. Muñoz
Universidad de Quindío*

RESUMEN

El invernadero ubicado en la unidad agroecológica La Aldana de la Universidad de Quindío no contaba con ningún tipo de sistema de medida para variables, como la temperatura y la humedad relativa, que permitiera conocer sus condiciones ambientales. Tampoco tenía un sistema que mostrara las necesidades hídricas de las plantas, para poder decidir sobre la activación o no del sistema de riego. Por todo esto, se implementó un sistema de instrumentación que toma y acondiciona la medida de temperatura en seis puntos diferentes, y de humedad relativa en dos puntos diferentes; estas señales son llevadas a una tarjeta central, donde son promediadas (temperatura y humedad relativa por aparte). Igualmente, se instaló, caracterizó y acondicionó un sensor para medir la humedad del suelo, cuya señal fue enviada también a la tarjeta central desarrollada. Estas medidas son adquiridas en la tarjeta central a través de un microcontrolador y luego se visualizan en una pantalla LCD, en la que los investigadores pueden conocer el valor de estas variables en cualquier instante de tiempo.

* angierj1005@hotmail.com, oscareduardo-cr@hotmail.com, julianbuitrago@uniquindio.edu.co, rociosuarez@uniquindio.edu.co, pamunoz@uniquindio.edu.co



Palabras claves: humedad del suelo, humedad relativa, instrumentación, invernadero, temperatura.

1.1 INTRODUCCIÓN

Los procesos de instrumentación en invernaderos se llevan a cabo hace muchos años, y sobre ellos se puede hablar ampliamente; existen diferentes trabajos sobre invernaderos automatizados, entre los que se destacan los realizados en países como España [1], México [2], Perú [3], Ecuador [4] y Argentina [5], donde se han diseñado sistemas de automatización para cultivos de flores, frutas y verduras, entre otros, además de realizar investigaciones para determinar el uso racional del agua necesaria para el desarrollo de una planta. A nivel nacional, se han realizado algunos proyectos institucionales para la medición de temperatura, humedad relativa y humedad del suelo, con el fin de automatizar sistemas de riego por goteo, en universidades de Bogotá [6] y Bucaramanga [7].

En la Universidad de Quindío se encuentra el invernadero ubicado en la unidad agroecológica La Aldana, donde se llevan a cabo investigaciones con diferentes tipos de plántulas; dicho invernadero contaba con un sistema de riego, pero no era posible determinar el momento adecuado para su activación, debido que no se conocían las condiciones ambientales en las que se desarrollaban las plántulas. Por esta razón, se desarrolló un sistema de instrumentación que permitirá el monitoreo de la temperatura y la humedad relativa, además de la humedad del suelo de algunas plántulas; esta información es visualizada en una pantalla LCD instalada en el interior del invernadero, y facilitará las observaciones que deben hacer las personas encargadas del cultivo y permitirá decidir sobre el momento apropiado para activar el sistema de riego.

1.2 DESARROLLO DEL PROYECTO

El sistema desarrollado en el invernadero agroecológico La Aldana fue diseñado con seis sensores de temperatura, dos sensores de humedad relativa y un sensor para medir la humedad del suelo; dichos sensores fueron ubicados estratégicamente dentro del invernadero. Existen cuatro puntos para la medición de temperatura y dos puntos para la temperatura y humedad relativa simultáneamente (Figura 1.1); todas las señales se dirigen a la tarjeta central, que garantiza medidas correctas y relevantes dentro del proceso.

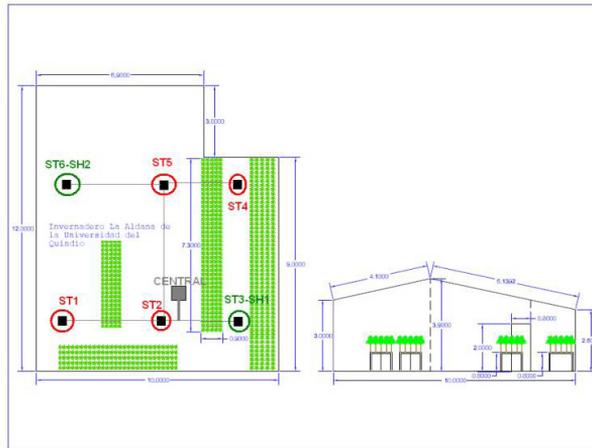


Figura 1.1 Distribución de los sensores dentro del invernadero de la unidad agroecológica La Aldana de la Universidad de Quindío

Para la selección de sensores que se utilizaron en el sistema de instrumentación, fue necesario realizar una amplia investigación con el fin de escoger los sensores que mejor se adaptaran a los requerimientos necesarios de operación y costos para el invernadero. De la gran variedad de sensores existentes en el mercado, se eligieron los siguientes:



1. SENSOR DE HUMEDAD RELATIVA

El sensor HIH 4000-002 es un sensor capacitivo con salida de voltaje lineal. Presenta un voltaje de 4 V correspondiente al 100 % de humedad y 0 % de humedad corresponde a un offset de 0.958 V. Este sensor varía el voltaje linealmente con respecto a la humedad [8] y opera muy bien en cambios de temperatura a los que el invernadero está sujeto.

2. SENSOR DE TEMPERATURA

El sensor LM35 es un sensor con una precisión calibrada de 1 °C y un rango que abarca desde -55 °C a +150 °C y entrega un valor de tensión proporcional a la temperatura medida por el dispositivo en variaciones de 10 mV/°C [9].

1.2.1 ACONDICIONAMIENTO DE SENSORES: HUMEDAD RELATIVA Y TEMPERATURA

Los sensores HIH 4000-002 fueron patronados con un higrómetro Herter Instruments H270, por medio del cual se comparan el valor de humedad y el valor en voltios arrojado por el sensor HIH 4000-002, para después ser comparados con la curva característica entregada por el fabricante, según (1.1):

$$\%HR = \frac{(V_{out} - (0.9237 - 0.0041 * T) + 0.00004 * T^2)}{(0.0305 + 0.00004 * T - 0.000001 * T^2)} \quad (1.1)$$

donde

HR: Humedad Relativa

V_{out} : Voltaje de salida

T: Temperatura

El acondicionamiento se realizó con amplificadores LF353: uno, para acoplar la señal de salida del sensor con ganancia unitaria, ya que



este posee una impedancia de salida baja; y otro, en configuración restador, para eliminar el offset presente. De esta manera, se fija una referencia de 0.96 V para que el sensor tome valores de salida entre 0 y 3.04 V (Figura 1.2).

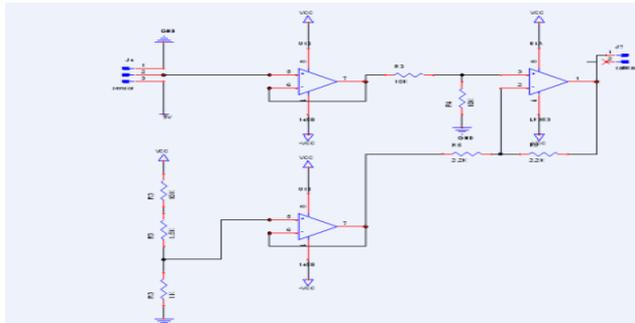


Figura 1.2 Acondicionamiento del sensor hih4000-002 dentro del invernadero de la unidad agroecológica La Aldana de la Universidad de Quindío

Los sensores LM35 fueron acondicionados de forma tal que 0 °C corresponda a 0 V y 100 °C a 3.3 V. Según los requerimientos planteados para el proyecto, dicho acondicionamiento se realizó con amplificadores LF353, en configuración no inversor, con una ganancia de 3.3 V (Figura 1.3).

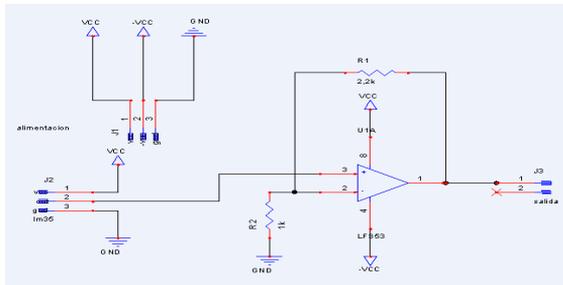


Figura 1.3 Acondicionamiento de los sensores lm35 dentro del invernadero de la unidad agroecológica La Aldana de la Universidad de Quindío



1.1.2 SENSOR DE LA HUMEDAD DEL SUELO

Para la medición de la humedad del suelo, el sensor seleccionado fue el DRC-00400, fabricado por el departamento técnico de Doctor Calderón Laboratorios Ltda. Este sensor fue seleccionado por su principio de funcionamiento y su fácil adaptación y adquisición en el mercado local; además, tiene una característica lineal en la señal de la medida de humedad enviada por el sistema a la pantalla LCD de visualización: las variaciones son de 1 mV por cada 1 % de incremento en la humedad del suelo. Los sensores del equipo son de tipo electrodo, y vienen calibrados de fábrica con una solución de 0.666 mmhos/cm donde el electrodo marca 103.4 % de humedad. Estos sensores son sitio-específicos, es decir, dependen del tipo de tierra utilizada; por tal razón, el sensor debe ser recalibrado manualmente [11]. Para tal fin, y debido a la falta de un sistema alterno para caracterizar el sensor, fue necesario utilizar una técnica convencional para la medición de humedad del suelo como medida patrón; esta técnica se denomina medición de humedad gravimétrica del suelo, según (1.2) [10].

$$\%H = \frac{Masa_{suelo\ humedo} - Masa_{suelo\ seco}}{Masa} * 100 \quad (1.2)$$

Para obtener la curva de respuesta del sensor, se realizó el siguiente procedimiento: a una bolsa para colinos con 1 200 g de suelo franco-arenoso secado previamente al horno durante 24 horas a 100 °C con el fin de garantizar un punto de referencia al iniciar la caracterización del sensor, se le agregó inicialmente 200 ml de agua y se tomó la medida de humedad con el sensor DRC-00400; luego, se extrajeron tres muestras pequeñas de tierra húmeda,



que fueron pesadas, llevadas al horno en cajas de Petri y secadas durante 4 horas a 100 °C para determinar la humedad gravimétrica del suelo; este procedimiento se realizó agregando 100 ml más de agua, de manera consecutiva, para 300, 400, 500 y 600 ml de agua. Esta prueba permitió verificar que el sensor era sitio-específico, y, además, que el sistema de medida traía algunos defectos de fábrica que afectaron la precisión de la medida, pero que mostraron un funcionamiento adecuado del sistema para los requerimientos del proyecto. Por lo anterior, se procedió a tomar medidas de humedad del suelo con el sensor, a partir de 200 ml de agua, agregando de manera consecutiva 20 ml adicionales, hasta completar 600 ml; así, se obtuvo la curva de respuesta del dispositivo de medida de humedad del suelo (Figura 1.4).

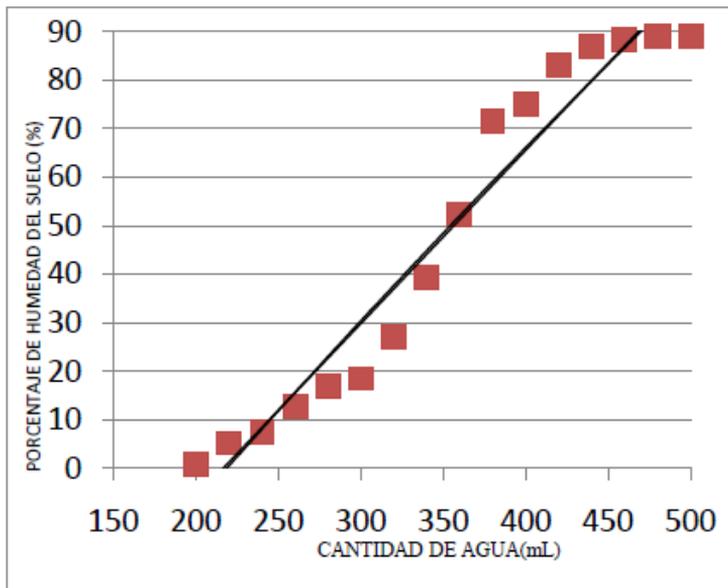


Figura 1.4 Curva característica del sensor de humedad del suelo hih4000-002 en suelo franco arenoso



El sensor de humedad del suelo fue acondicionado a un nivel máximo de 3.3 V, correspondientes a 100 % de humedad del suelo, implementando un amplificador en modo no inversor con un LF353 y teniendo una ganancia de 32 veces la señal de entrada; para la resistencia de realimentación, se colocó un *trimmer* de 50 k Ω para calibraciones posteriores.

1.3 RESULTADOS

1.3.1 Adquisición de datos y visualización en una pantalla lcd con un microcontrolador atmega16

Con el acondicionamiento de cada uno de los sensores, se obtuvieron los datos finales adquiridos (Figura 1.5), donde se pueden observar algunas señales de temperatura en diferentes puntos del invernadero, además de señales de humedad relativa y, en algunos casos, los promedios respectivos. Las señales fueron adquiridas en diferentes horas del día, con el fin de observar los cambios climáticos a los que se ve sometido el invernadero. Finalmente, se realizó la visualización de las variables físicas ya mencionadas, con el fin de que las personas que desarrollan investigaciones allí accedan a esta información de manera fácil. Esta visualización se hizo utilizando una pantalla LCD (LCM1602A) de doble línea y un microcontrolador ATMEGA16 [11].

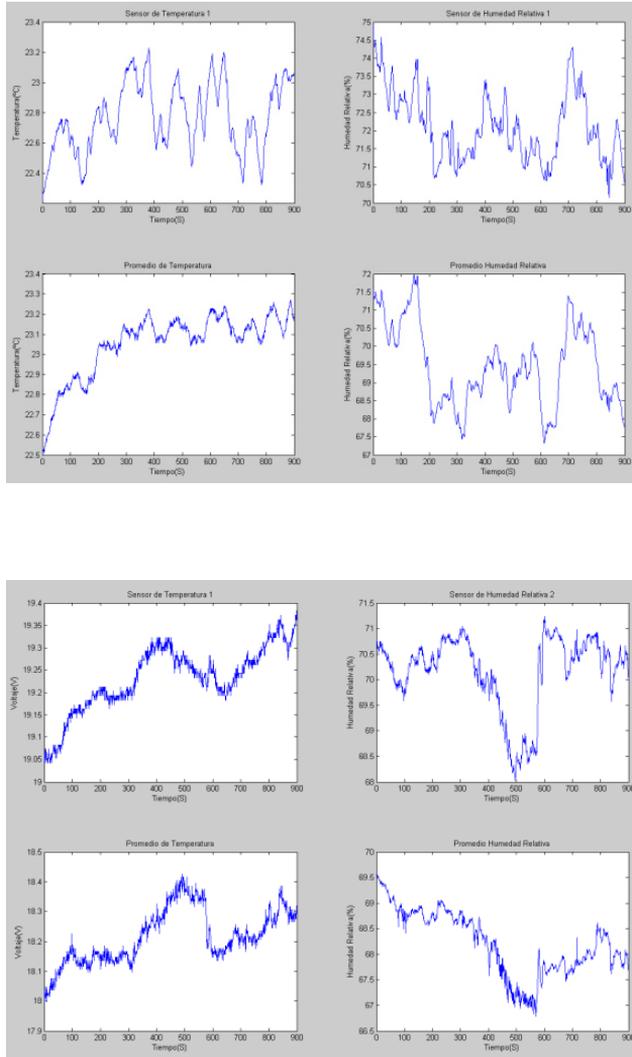


Figura 1.5 Prueba del 22 de julio de 2010, 8.45 a. m. (izquierda). Prueba del 6 de agosto de 2010, 6.22 a. m. (derecha)

1.3.2 PRODUCTO FINAL

Finalmente, se instalaron cuatro puntos de medición de temperatura y dos puntos de medición de temperatura y humedad relativa; estas señales se dirigen hacia la caja principal (Figura 1.6), donde se encuentran la fuente de alimentación del sistema, la tarjeta central, el acondicionamiento de la humedad del suelo y la tarjeta para la visualización de las variables medidas (Figura 1.7).



Figura 1.6 Interior de la caja principal del invernadero de la unidad agroecológica La Aldana de la Universidad de Quindío



Figura 1.7 Visualización de las medidas



1.4 CONCLUSIONES

Se diseñó e implementó un sistema de instrumentación para el invernadero agroecológico La Aldana de la Universidad de Quindío que permite la medición en diferentes puntos de variables físicas como la temperatura y la humedad relativa. Estas señales son acondicionadas y visualizadas en el interior del invernadero, para darle a conocer a los investigadores información sobre las condiciones ambientales internas del invernadero.

Se acondicionó un sistema para medición de la humedad del suelo, a partir del cual se podrá determinar el momento más apropiado para activar el sistema de riego del invernadero. Esta etapa del proyecto fue complicada por varias razones: 1. La humedad del suelo varía según el tipo de suelo; esto se asocia a las características de retención de agua del mismo; 2. El agua normal no es buena conductora, y el sensor utilizado se basa en el principio de medición de la conductividad eléctrica del suelo; esto significa, a su vez, que se depende de las propiedades del suelo; 3. Si el tamaño de la muestra de suelo hubiera sido más grande, la medida podría haber sido un poco más precisa.



REFERENCIAS

- [1] Barriga B. Ángel, Ceballos C. Joaquín y Linares B. Bernabé (2001). *Sensor de Humedad del Suelo de Bajo Costo para Control de Regadíos*. Sevilla. Instituto de Microelectrónica de Sevilla (imse-cnmcsic).
- [2] García G. Paulo, López Z. Víctor y Sánchez G. Rodrigo (2002). *Proyecto invernadero*. México. Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías. División de electrónica y computación. Marzo.
- [3] Berenz P. Giancarlo, Grande R. Luis y Pariona P. Omar (s. f.). *Lectura remota de las variables de un invernadero usando telemetría*. Lima. Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Mecánica. Especialidad de Ingeniería Mecatrónica.
- [4] Porras C. Francisco, Niola V. Miguel y Villagómez Juan (2006). *Plan de negocios para una empresa que comercializará y construirá sistemas para el control ambiental de invernaderos*. Ecuador.
- [5] Fliger E. Padovani (s. f.). *Sensor de humedad conductivo en sólidos con aplicación en invernaderos*. Argentina. Universidad Nacional de Quilmes. Facultad de Ingeniería en Automatización y Control Industrial.
- [6] Agudelo D. Rodolfo, Castellanos Giovanni y Medina C. Mauricio (2005). *Automatización del sistema de riego para el cultivo de flores tipo exportación*. Bogotá.
- [7] Rozo I. Durvvin Alexis (2003). *Ingeniería de control y monitoreo de variables ambientales utilizando plc y scada*.



Pamplona. Universidad de Pamplona. *Grupo de Investigación Automatización y Control, a&c.* Bucaramanga. Ciudadela Universitaria.

- [8] Sitio web: www.datasheet.octopart.com/HHH-4000-002-Honeywell-datasheet-62840.pdf
- [9] Sitio web: www.datasheetcatalog.org/datasheet/nationalsemiconductor/DS005516.PDF
- [10] W. Forsythe (1975). *Manual de laboratorio: Física de suelos*. Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.
- [11] Sitio web: www.datasheetcatalog.org/datasheet/atmel/2466S.pdf



15. METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DEL OBSERVATORIO DE TELECOMUNICACIONES PARA LA CIUDAD DE MEDELLÍN (OTM)

Alexánder Arias y Yuly P. Álvarez
Instituto Tecnológico Metropolitano, ITM, Medellín*

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al ITM por su apoyo en el trabajo investigativo y la inclusión de políticas que ayuden a Medellín. También resaltamos la gran labor cumplida por todos los integrantes del OTM, ya que sin su valiosa ayuda este proyecto no hubiera podido surgir.

RESUMEN

Los observatorios permiten a los entes gubernamentales y privados tomar medidas para la mejora de los servicios que prestan. Contar con instrumentos cuantitativos permite que los modelos que se implementen tengan una validez con una alta probabilidad de acierto en la adopción de políticas públicas. En este proyecto, se propone una metodología para la implementación de un observatorio de telecomunicaciones en Medellín y su área metropolitana; dicha metodología permitirá que la idea se replique en varias ciudades del país y que se pueda tener una red de observatorios a nivel nacional, siendo Medellín la que dé el paso hacia la observación de la calidad de los servicios de telecomunicaciones.

Palabras claves: observatorios de telecomunicaciones, metodologías para el diseño de observatorios, marco regulatorio

* profeitm@gmail.com, yulyalvarez2918@apolo.itm.edu.co



del espectro electromagnético, Observatorio de Telecomunicaciones para la ciudad de Medellín (OTM).

15.1 INTRODUCCIÓN

Durante los últimos treinta años, se han incrementado en nuestra actividad diaria los ámbitos donde los aparatos eléctricos y los electrodomésticos abundan. Su utilización genera innumerables radiaciones de campos electromagnéticos; por ende, la densidad electromagnética del ambiente se ha multiplicado y ha generado un nuevo tipo de polución intangible llamada *contaminación electromagnética* o *electrosmog*[1]. De igual manera, los servicios de telecomunicaciones vienen a un gran ritmo de crecimiento. Desde luego que aún se está lejos de los crecimientos del 15 al 20% anual de mediados de la década de 1990, pero continúa siendo el sector con una de las mayores dinámicas de la economía no solo internacional, sino también nacional y, más aún, regional.

15.2 RADIACIONES IONIZANTES (RI) Y RADIACIONES NO IONIZANTES (RNI)

Estas radiaciones electromagnéticas se dividen dos tipos: las radiaciones ionizantes (RI) y las radiaciones no ionizantes (RNI). Las *radiaciones ionizantes* son aquellas capaces de arrancar electrones de los átomos que atraviesan, incluso los que forman las células humanas; en esta categoría encontramos los rayos α y γ , los reactores nucleares, las bombas atómicas, etc., de los cuales conocemos muy bien sus nocivos efectos. Las *radiaciones no ionizantes* son las que no poseen la capacidad de ionizar la materia; en esta categoría están comprendidos los rayos infrarrojos, las microondas y las radiaciones producidas por las telecomunicaciones en general:



antenas de radio y televisión, radares, microondas, telefonía celular, etc.

A pesar de que durante las últimas décadas se han realizado numerosos estudios e investigaciones en todo el mundo sobre los efectos provocados por las RNI, estos aún se encuentran en el campo de la discusión científica, en la que mientras algunos denuncian riesgos y efectos en el ser humano al afirmar que por encima de un determinado umbral y por el mencionado efecto acumulativo las radiaciones pueden desencadenar enfermedades autoinmunes como alergias, fatiga crónica, anemias, trastornos del sistema nervioso y hasta distintos tipos de cáncer, otros, por el contrario, los contradicen definitivamente, al asegurar que dichos efectos jamás han podido ser demostrados con el rigor científico que requieren tales afirmaciones. Así pues, queda finalmente en duda cuál es la dimensión real del fenómeno y el verdadero alcance de los efectos de este tipo de radiaciones en el ser humano [2].

15.3 ANTECEDENTES

Para satisfacer las necesidades de sus usuarios, los operadores de los sistemas de comunicaciones utilizan las ondas electromagnéticas e instalan una tupida red de estaciones base, y logran así una cobertura que posibilita llevar prácticamente su señal desde y hacia cualquier lugar. La proliferación de estas estaciones base en el ámbito urbano ha despertado gran preocupación en la sociedad por los posibles riesgos adversos debidos a los campos electromagnéticos de alta frecuencia generados por los sistemas de AM/FM, las microondas, la telefonía celular, etc., siendo este un tema de actualidad sobre el cual se ha creado mucha especulación [3]



15.4 MISIÓN DEL OBSERVATORIO CON LAS MEDICIONES

El Observatorio de Telecomunicaciones para la ciudad de Medellín (OTM) ha desarrollado un proyecto con el propósito de cuantificar y conocer los niveles de los campos electromagnéticos de alta frecuencia a los cuales están diariamente expuestas las personas en la ciudad, y así verificar si los valores de medición obtenidos pueden o no considerarse como aceptables.

15.4.1 MARCO REGULATORIO DEL ESPECTRO

La Organización Mundial de la Salud (OMS) se ha expresado con respecto a este tema, estableciendo límites de exposición para los trabajadores y el público en general, que son aceptados internacionalmente y aportan cierta tranquilidad a los que están preocupados por esta cuestión.

15.4.2 QUIÉN DECIDE CUÁLES SON LOS LÍMITES RECOMENDADOS DE EXPOSICIÓN

Cada país establece sus propias normas sobre la exposición a los campos electromagnéticos. Sin embargo, la mayoría de ellas se basan en las recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante, ICNIRP[4]. Esta organización no gubernamental, reconocida formalmente por la OMS, evalúa los resultados de estudios científicos realizados en todo el mundo. La ICNIRP, basándose en un análisis en profundidad de todas las publicaciones científicas, elabora unas directrices en las que establece los límites de exposición recomendados. Estas directrices se revisan periódicamente y, en caso necesario, se actualizan.



15.4.3 EN QUÉ SE BASAN LAS DIRECTRICES

Un aspecto importante que se debe señalar es que un límite recomendado no define de forma exacta el límite entre la seguridad y el peligro. Las directrices marcan un determinado umbral por debajo del cual la exposición a los campos electromagnéticos se considera segura. No se deduce, sin embargo, de forma automática, que por encima del límite indicado la exposición sea perjudicial.

15.4.4 NORMAS ACTUALES

Las normas y estándares empleados en algunos países de la región se deben actualizar, completar y armonizar, de manera que abarquen todo el espectro de radiofrecuencias. Los países que aún no cuentan con este tipo de normas o están en el proceso de modernizarlas pueden utilizar como marco general la información actualizada y armonizada que brinda la OMS mediante su Proyecto Internacional sobre Campos Electromagnéticos (CEM)[5].

15.4.5 A NIVEL NACIONAL

La Tabla 15.1 presenta las normas actuales en Colombia, en las que se adoptan los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos y se adecuan procedimientos para la instalación de estaciones radioeléctricas; el Decreto 195 de 2005 [6] y la Resolución 1645 de 2005 [7] los reglamentan.



Tabla 15.1 Normas actuales a nivel nacional

NORMA	TIPO DE NORMA	AÑO	ENTIDAD	TEMA
195	Decreto	1995	Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MINTIC)	Por el cual se adoptan límites de exposición de las personas a campos electromagnéticos, se adecuan procedimientos para la instalación de estaciones radioeléctricas y se dictan otras disposiciones.
1645	Resolución	2005	Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MINTIC)	Por la cual se reglamente el Decreto 195 de 2005. Espectro radioeléctrico.

Fuente: **Alexánder Arias y Yuly P. Álvarez. Instituto Tecnológico Metropolitano, itm. Medellín.**

15.4.6 A NIVEL DE LATINOAMÉRICA [8]

Solo diez países latinoamericanos poseen normas que regulan las dosis de exposición permitida a las radiaciones no ionizantes. Algunos establecieron los valores límites según las recomendaciones del ANSI (American National Standards Institute, Instituto Nacional de Normas de los Estados Unidos de América), aprobadas en 1974 por su Comité C-95, como se muestra en la Tabla 15.2.



Tabla 15.2 Normas actuales en Latinoamérica

PAÍS	NORMA	TIPO DE NORMA	AÑO	ENTIDAD	TEMA
ARGENTINA	MS - 202	Resolución	1995	Ministerio de Salud (MS)	Establece los valores de máxima exposición poblacional (MEP) para las radiaciones no ionizantes, los cuales están por debajo de lo que con posterioridad recomendó la OMS.
	SC - 530	Resolución	2000	Secretaría de Comunicaciones (SC)	Se adoptan como normas los límites fijados por el Ministerio de Salud y se dispone su aplicación obligatoria a todos los sistemas o servicios de comunicaciones radioeléctricos.
	CNC 3690	Resolución	2004	Comisión Nacional de Comunicaciones	Protocolo para la evaluación de las radiaciones no ionizantes.
PERÚ	777	Resolución	2005	Ministerio de Transportes y Comunicaciones	Se establecen condiciones técnicas de servicios de telecomunicaciones y modifican el Plan nacional de atribución de frecuencias.
	965	Resolución	2005	Ministerio de Transportes y Comunicaciones	Aprueban Directiva de certificación de equipos de medición de radiaciones no ionizantes.
	038	Decreto	2003	Ministerio de Transportes y Comunicaciones	Se establecen límites máximos permisibles de radiaciones no ionizantes en telecomunicaciones.
CHILE	594	Decreto	1999	Subsecretaría de Telecomunicaciones (SUBTEL)	Título 4. Sobre la contaminación ambiental.
BOLIVIA	0313	Resolución	2002	Superintendencia de Telecomunicaciones (SITTEL)	Estándar técnico sobre límites de exposición humana a campos electromagnéticos de radiofrecuencias.
VENEZUELA	NVC 2238	Norma técnica	2000	Subsecretaría de Telecomunicaciones (SUBTEL)	Los límites diarios de exposición a las radiaciones no ionizantes y medidas de protección y control para el trabajo seguro para personas ocupacionalmente expuestas (POE) y miembros individuales del público.
BRASIL	0313	Resolución	2002	Agencia Nacional de Telecomunicaciones (ANATEL)	Límites de exposición a campos electromagnéticos, eléctricos y magnéticos en el espectro de radiofrecuencias entre 9 kHz y 300 GHz.*

*Basada en los límites recomendados por la CIPRNI.

Fuente: Alexander Arias y Yuly P. Álvarez. Instituto Tecnológico Metropolitano, itm. Medellín.



En 1991, el ANSI recomendó su nuevo estándar C-95.1-1991 [9], en el que estableció el límite de exposición ocupacional de 1 mW/cm^2 en el espectro de frecuencias de 30 a 300 MHz. Solamente Bolivia adoptó este estándar, mientras que los otros países establecieron normas basadas en las recomendaciones del CIPRNI de 1998.

15.4.7 A NIVEL INTERNACIONAL

Las normas actuales por las cuales se guía la comunidad internacional son la Norma técnica 74 de la ICNIRP y la K.52 de la UIT [10]. En la Tabla 15.3 se da una explicación más amplia sobre sus alcances.

Tabla 15.3 Normas actuales a nivel internacional

NORMA	TIPO DE NORMA	AÑO	ENTIDAD	TEMA
74	Norma técnica	1998	Comisión internacional de protección contra las radiaciones no ionizantes (ICNIRP)	Exposición CEM de alta frecuencia; efectos biológicos y consecuencias para la salud (100 kHz-300 GHz).
K.52	Norma técnica	1994	Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT	Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos.*

* Norma técnica adoptada por Colombia. Basada en los límites recomendados por la CIPRNI.

Fuente: Alexander Arias y Yuly P. Álvarez. Instituto Tecnológico Metropolitano, itm. Medellín.



15.5 DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA DE MEDICIÓN POR FASES

En esta sección mostraremos cuál es la idea principal del proyecto del Observatorio de Telecomunicaciones para la ciudad de Medellín, la metodología que se propone como base para su diseño, la necesidad de contar con información sobre el estado actual y los efectos de las tecnologías de la información y la comunicaciones (TIC), la integración que se dará a la comunidad de Medellín y las políticas gubernamentales al respecto, ya que la ciudad no tiene una plataforma colaborativa que permita conocer el estado actual de los servicios de telecomunicaciones, y al implementarla, se hará un acercamiento a los indicadores que son de gran interés para los ciudadanos y que permitirá estandarizarlos, para que sirvan de guía nacional, incluso internacional.

La idea principal del proyecto es plantear una metodología para la construcción del Observatorio de Telecomunicaciones, teniendo como base las redes de conocimiento. Esto implica plantear el desarrollo del Observatorio de Telecomunicaciones para la ciudad de Medellín y, posteriormente, ayudar planteamiento del desarrollo de observatorios de telecomunicaciones en otras ciudades del país, para que, en un futuro, se pueda constituir una red de observatorios que permita la transparencia, igualdad y participación en el manejo de los servicios y regulación de las telecomunicaciones del país; es decir, hacer una red que comparta proyectos y experiencias para el beneficio del país. La metodología propuesta para el diseño del Observatorio de Telecomunicaciones aborda instrumentos como la medición del espectro electromagnético, la toma de datos georreferenciados, el análisis de los geodatos, la realización del diseño de indicadores y la verificación de indicadores dentro del contexto de Medellín. El Observatorio constituye un pilar



para la formación de una red de conocimiento a nivel nacional que ayuda a la formación de nuevos proyectos en el área de las telecomunicaciones.

La creación de un observatorio de telecomunicaciones en Medellín tiene como base acuerdos internacionales que muestran la importancia de reconocer la necesidad de contar con información sobre el estado actual y los efectos de las Tecnologías de la Información y la Comunicación en todos los países, entre otros la Declaración de Florianópolis (Decisión 1999/281 del Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas) y la Declaración de Bávaro (XII Cumbre Iberoamericana de Jefes de Estado y de Gobierno Bávaro, República Dominicana, 15 y 16 de noviembre de 2002).

Además, el Observatorio fortalece la participación ciudadana y ayuda a la cultura política y de participación, ya que mejora la disposición de la ciudadanía para contribuir en actividades y proyectos comunitarios de beneficio colectivo. El diseño y desarrollo de estrategias de comunicación para la participación ciudadana garantiza a la ciudadanía el acceso a una información legible, oportuna, suficiente y veraz para promover la movilización y participación de los diferentes actores sociales en la construcción de la ciudad mediante mecanismos de pedagogía social, convivencia y generación del concepto de corresponsabilidad para la gestión pública.

Las políticas gubernamentales son tomadas para que las condiciones de bienestar de los ciudadanos aumenten; además, el conocimiento de la calidad del servicio prestado por los diferentes operadores de telecomunicaciones desde la parte técnica y la parte social puede establecer una correlación entre las facilidades de acceso a las



telecomunicaciones por parte de la ciudadanía y cómo esta deriva en una rebaja de costos para aquellos que tengan una mala calidad del servicio. La comunidad de Medellín no tiene una plataforma colaborativa que permita conocer el estado actual de los servicios de telecomunicaciones que se le prestan; solo tiene, para su decisión, la información de las páginas de las entidades prestadoras del servicio. Estas entidades, muchas veces, ponen publicidad que para el usuario distraído suele ser muy llamativa y lo hace caer en contrataciones de servicios que no necesita o que están supeditados a restricciones que no se promulgaban en ella.

El acercamiento de indicadores a los ciudadanos es un aspecto importante para que el ingreso de las nuevas tecnologías de telecomunicaciones se haga de una forma metodológica y con una estructura suave, es decir, que los usuarios o ciudadanos que vayan incorporando nuevas tecnologías, por ejemplo, la televisión digital, no sientan pánico por la conversión. La formación de un observatorio de telecomunicaciones con una metodología estructurada y de fácil comprensión permitirá la estandarización de indicadores a nivel nacional y, más adelante, unirlos a los indicadores internacionales. La adopción de estándares permite la comunicación y la integración de redes de conocimiento, en este caso, de telecomunicaciones. Medellín aportará una metodología y estructura para organizar los observatorios de telecomunicaciones a nivel nacional y convertirse en un referente internacional. Esta metodología se plantea de la siguiente forma, en siete fases que se describen a continuación.

FASE 1. ESTABLECIMIENTO DE LAS VARIABLES

Establecer las variables más importantes para el desarrollo de un observatorio de telecomunicaciones para Medellín. Realizar un estudio con una muestra sobre las características de las



telecomunicaciones en Medellín; para realizar esta muestra, se debe solicitar a la oficina de Planeación de Medellín la ubicación de cada torre – ya que ella es la que da las autorizaciones para dichas instalaciones–o a las empresas de telecomunicaciones, que, obviamente, tienen la información de en qué lugar están ubicadas sus estaciones.

FASE 2. DISEÑO DE INDICADORES DE TI

Tomando como base las siguientes variables: sistemas de RF ywi-fi, analizar el espectro en diferentes zonas y georreferenciar las zonas estudiadas.

FASE 3. ANÁLISIS DE INDICADORES

Por medio de mapas, caracterizar los diferentes servicios de telecomunicaciones y hacer un análisis de los indicadores medidos en la Fase 2.

FASE 4. INFORMES PRELIMINARES

Realizar un informe preliminar que muestre el estado inicial del proyecto; este sirve de base para la estructuración de una metodología en espiral que puede irse realimentando y verificando, lo cual conduce a una primera depuración de errores. Este informe será publicado en el servidor ccsl.itm.edu.co, con enlace en otm.itm.edu.co [11].

FASE 5. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL OBSERVATORIO DE TELECOMUNICACIONES

En esta fase se hace un constructo teórico que toma técnicas de modelado y hace un aporte en la construcción de una metodología de los observatorios de telecomunicaciones.



FASE 6. DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN COLABORATIVO Y METODOLOGÍA PARA ESTRUCTURAR EL OBSERVATORIO

En esta fase se desarrolla e implementa una plataforma que permita la comunicación y construcción colaborativa de medidas y aportes de la comunidad; esto, en un futuro, servirá para hacer diferentes análisis.

FASE 7. EVALUACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE IMPLEMENTACIÓN DEL OBSERVATORIO

Se evalúan los resultados obtenidos de la metodología y si su implementación en otras ciudades es factible; también, se analizan las ventajas y problemas presentados en el proyecto.

Se toma como ejemplo a España, que tiene el Observatorio Nacional de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la información, un órgano adscrito a la entidad pública empresarial Red.es, cuyo principal objetivo es el seguimiento y el análisis del sector de las telecomunicaciones y de la Sociedad de la información, con la clara misión de ser el centro de referencia para el análisis y seguimiento de la Sociedad de la información en España. El ONTSI elabora, recoge, sintetiza y sistematiza indicadores, hace estudios y ofrece servicios informativos y de actualidad sobre la Sociedad de la información, y actualmente es el observatorio público líder en España sobre la Sociedad de la información. Además, es un punto de encuentro y diálogo entre el sector de las TIC y las distintas administraciones públicas para la definición de políticas y su posterior evaluación.



15.6 CONCLUSIONES

En este artículo se trataron las radiaciones ionizantes y no ionizantes, sus antecedentes, la misión del Observatorio de Telecomunicaciones, el marco regulatorio del espectro y las normas actuales a nivel nacional, latinoamericano e internacional, sus directrices y los límites recomendados de exposición; también se mostró el desarrollo de la metodología de medición por fases. La sumatoria de los aspectos anteriores constituye la metodología de diseño del OTM, que se constituye en una fuente pionera en la publicación estructurada para la construcción de observatorios que sirvan a la ciudadanía, los entes gubernamentales y los empresarios.



REFERENCIAS

- [1] Aguirre Aníbal, Dalmas Norberto y García Javier (2010). *Radiación no ionizante de sistemas de telefonía celular móvil: la percepción de población, la disparidad de los estándares y el monitoreo a gran escala*. Buenos Aires. Ministerio de Defensa de la República Argentina. Instituto de Investigaciones científicas y Técnicas de las Fuerzas Armadas.
- [2] Martín Moreno José María (s. f.). *Comisión de salud pública. Protocolos de vigilancia sanitaria específica. Radiaciones ionizantes*. Madrid. Ministerio de Sanidad y Consumo. Consejo interterritorial del sistema nacional de salud.
- [3] Aponte Guillermo, Escobar Adolfo, Pinedo Carlos R. y Arizabaleta Gisela (2007). *Medición de Campos Electromagnéticos en la ciudad de Cali, Colombia*. Información Tecnológica. Vol. 18, núm. 3, págs. 39-47.
- [4] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Disponible en: <http://www.icnirp.de/>
- [5] OMS. Proyecto Internacional CEM. Disponible en: <http://www.who.int/peh-emf/es/index.html>
- [6] República de Colombia. Decreto 195 de 2005. Exposición de las personas a campos electromagnéticos, se adecuan procedimientos para la instalación de estaciones radioeléctricas y se dictan otras disposiciones. 31 enero.
- [7] República de Colombia. Ministerio de Comunicaciones. Resolución número 001645 de 29 julio de 2005. Por la cual se Reglamenta el Decreto 195 de 2005.



- [8] Skvarca Jorge y Aguirre Aníbal (2006). *Normas y Estándares aplicables a los Campos Electromagnéticos de Radiofrecuencias en América Latina: Guía para los límites de Exposición y los Protocolos de Medición*. Revista Panamericana Salud Publica. Vol. 20, núm. 2-3, págs. 205-212. Disponible en: http://www.scielosp.org/scielo.php?pid=S1020-49892006000800017&script=sci_arttext

- [9] Moss C. Eugene y Conover David L. (1998). Health Hazard Evaluation Report 97-0220-2671. Remington Industries, Inc. Benton. Enero.

- [10] Recomendación UIT-T K.52 (2000). *Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos*.

- [11] *Observatorio de Telecomunicaciones para la Ciudad de Medellín*. Disponible en: <http://otm.itm.edu.co> , servidor ccsl.itm.edu.co