

DIAGNOSTICO DE LAS ESTACIONES DE RADIODIFUSIÓN
AM Y FM DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE
SANTANDER

JULIAN FERNANDO ANGARITA BARACALDO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA

2013

DIAGNOSTICO DE LAS ESTACIONES DE RADIODIFUSIÓN
AM Y FM DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE
SANTANDER

JULIAN FERNANDO ANGARITA BARACALDO

Trabajo de Grado para optar el título de
Ingeniero electrónico

Director

MIE. DANIEL ALEXANDER VELAZCO CAPACHO

Codirector

Ing. JABID EDUARDO QUIROGA MÉNDEZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA

2013

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mi Dios que con su infinita sabiduría puesta en mí se logró la culminación de este proyecto, a mi papá Orlando, a mi mamá Martha y a mi hermano Camilo y a toda mi familia por el apoyo, el amor, el cariño y toda la fe que colocaron en mí.

A mi director de proyecto y amigo Daniel Velazco, ya que sin sus consejos y apoyo nada de esto hubiese sido llevado a la realidad.

También un agradecimiento a todos los profesores que he tenido en mi vida ya que cada uno con su granito de arena han forjado en mí una mejor persona llena de valores, a mis amigos que nunca me abandonaron y siempre creyeron en mí solo me queda decir GRACIAS.

RESUMEN

TÍTULO: DIAGNOSTICO DE LAS ESTACIONES DE RADIODIFUSIÓN AM Y FM DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER¹

AUTOR: JULIAN FERNANDO ANGARITA BARACALDO²

PALABRAS CLAVE: Diagnostico, Radiodifusión, campo eléctrico, campo magnético,

DESCRIPCIÓN:

Uno de los principales problemas a los que la mayoría de personas en Colombia le temen es al de la radiación generada por las antenas de transmisión de radio cercanas a lugares habitados, por ende el Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, en el año 2005 creo el decreto 195, el cual establece ciertos valores límites de los parámetros de intensidad de campo eléctrico, campo magnético y densidad de potencia que no deben superar dichos transmisores.

En nuestro caso se evaluaron las emisoras UIS-AM y UIS estéreo de la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, realizando mediciones en banda ancha de intensidad de campo eléctrico y campo magnético en las instalaciones en donde se encuentran los transmisores, tal como lo exige el Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, obteniendo como resultado el cumplimiento de la norma y a su vez delimitando el sector en donde se encuentran los transmisores de la Universidad dando como resultado límites de exposición ocupacional.

Continuando con el diagnostico de las emisoras, se realizó un inventario de los equipos con los que cuentan las dos radiodifusoras de la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, concluyendo que las mismas cumplen las normativas vigentes impuestas por el gobierno nacional además de que los equipos evaluados mostraron un desempeño optimo, en vista de esto se generó una ficha técnica, lo que conllevó a realizar una lista de chequeo para posteriormente realizarse un mantenimiento preventivo.

¹ Proyecto de Grado.

² Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica Y Telecomunicaciones. Director MIE. Daniel Alexander Velazco Capacho, Codirector M.E. Jabid Eduardo Quiroga Méndez.

ABSTRACT

TITLE: DIAGNOSIS OF AM AND FM BROADCASTING STATIONS INDUSTRIAL UNIVERSITY OF SANTANDER³

AUTHOR: JULIAN FERNANDO ANGARITA BARACALDO⁴

KEYWORDS: Diagnosis, Broadcasting, electric field, magnetic field.

DESCRIPTION:

One of the main problems that most people in Colombia are afraid of, is for the radiation generated by the radio transmission antennas, near inhabited areas, therefore the Ministry of Information Technologies and Communications, in the year 2005 created the ordinance 195, which sets certain limits on the parameters of electric field, magnetic field and power density must not exceed these transmitters.

In our case the stations that were evaluated were UIS-AM and UIS stereo of **Industrial University of Santander**, making broadband measurements of intensity of the electric field and magnetic field in installations where are the transmitters, as required by the Ministry of Information Technologies and Communications, resulting in compliance with the standard and at the same time defining the sector where the transmitters of the University are located, resulting in occupational exposure limits.

Following the diagnosis of the stations, an inventory of the two broadcasting transmitters equipment of the Industrial University of Santander were made, concluding that the two broadcasting transmitters, meet the regulations imposed by the national government, in addition showing that the equipment tested are in optimal performance, considering this, we generated a technical form, which led to make a checklist for preventive maintenance performed subsequently.

³ Degree Project.

⁴ Physical-Mechanical Engineering Faculty. Electrical, Electronics and Telecommunications school. Advisor MIE. Daniel Alexander Velazco Capacho. Co-Advisor Ing. Jabid Eduardo Quiroga Méndez,

TABLA DE CONTENIDO

OBJETIVOS.....	13
OBJETIVO GENERAL.....	13
OBJETIVOS ESPECIFICOS	13
INTRODUCCIÓN	14
1. RADIACIÓN NO IONIZANTE	16
1.1 NORMATIVA INTERNACIONAL DE REFERENCIA	16
1.2 ICNIRP: COMISIÓN INTERNACIONAL PARA LA PROTECCIÓN CONTRA LAS RADIACIONES NO IONIZANTES	16
1.3 EFECTOS DE LAS RNI EN LA SALUD.....	17
1.3.1 Efectos Indirectos en Campos Electromagnéticos	18
1.3.2 Estudios epidemiológicos.....	19
1.3.3 Estudios celulares y animales.	19
1.4 NIVELES DE REFERENCIA.....	20
1.4.1 Densidad de Potencia.	22
1.4.2 Intensidad de campo eléctrico.....	22
1.4.3 Intensidad de campo magnético.....	22
1.5 MEDIDAS DE PROTECCION.....	22
1.6 NORMATIVA EN COLOMBIA.....	23
2. MEDICIONES Y VERIFICACION DE PARAMETROS ELECTROMAGNETICOS	24
2.1 OBJETIVO.....	24
2.2 ALCANCE.....	24

2.3 UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES EVALUADAS.....	25
2.4 LÍMITES DE EXPOSICIÓN SELECCIONADOS.....	27
2.4.1 Exposición ocupacional.....	28
2.4.2 Exposición poblacional.....	28
2.5 MEDIDAS EN BANDA ANCHA.....	29
2.6 DELIMITACIÓN DE LAS ZONAS EN EL SITIO DE MEDICIÓN.....	30
2.7 CONCLUSIÓN.....	33
3. EQUIPOS QUE COMPONEN LAS EMISORAS UIS	35
3.1 EQUIPOS CABINA FM.....	35
3.2 EQUIPOS CABINA PRODUCCIÓN.....	36
3.3 EQUIPOS CABINA AM.....	37
3.4 EQUIPOS TRANSMISOR AM	37
3.5 EQUIPOS TRANSMISOR FM	38
4. MANTENIMIENTO.....	39
4.1 LISTA DE CHEQUEO.....	39
4.2 MANTENIMEINTO PREVENTIVO.....	40
4.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	41
5. CONCLUSIONES.....	44
6. RECOMENDACIONES	45
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	46
ANEXOS.....	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de la estación de la emisora UIS-AM 670 kHz.	26
Figura 2. Ubicación geográfica de la estación de la emisora UIS estéreo 96.9 MHz.	26
Figura 3. Plano representativa de la estación UIS-AM 670 kHz con sus respectivos puntos de medición.....	32
Figura 4. Plano representativa de la estación UIS estéreo 96.9MHz con sus respectivos puntos de medición.....	33

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de referencia para exposición ocupacional a campos eléctricos y magnéticos.....	21
Tabla 2. Niveles de referencia para exposición poblacional a campos eléctricos y magnéticos.....	21
Tabla 3. Estaciones transmisoras de la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.....	25
Tabla 4. Límites máximos de exposición según la frecuencia de operación.....	27
Tabla 5. Valores máximos de exposición considerados para las estaciones de radiodifusión FM.	28
Tabla 6. Valores registrados y evaluación respecto a los límites de exposición ocupacional.....	29
Tabla 7. Valores registrados y evaluación respecto a los límites de exposición poblacional.....	30
Tabla 8. Distancias y azimut de los puntos de medición con respecto a la torre de la estación UIS-AM 670 kHz	31
Tabla 9. Distancias y azimut de los puntos de medición con respecto a la torre de la estación UIS estéreo 96.9 MHz.....	33
Tabla 10. Valores máximos de intensidad de campo eléctrico y campo magnético medidos en las estaciones de las emisoras de la universidad.....	34
Tabla 11. Equipos cabina FM	35
Tabla 12. Equipos cabina de producción.	36
Tabla 13. Equipos cabina AM	37
Tabla 14. Equipos transmisor AM.....	37
Tabla 15. Equipos transmisor FM	38
Tabla 16. Lista de chequeo mantenimiento preventivo.....	43

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. MEDICIONES DE RADIAZION NO IONIZANTE.....	48
ANEXO B. VERIFICACION MEDICION.....	59
ANEXO C. FICHAS TECNICAS.....	65

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diagnosticar el desempeño de las emisoras UIS estéreo en FM (96.9 MHz) y UIS AM (670 kHz) de la Universidad Industrial de Santander.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar mediciones de los parámetros electromagnéticos de las emisoras UIS estéreo en FM (96.9 MHz) y UIS AM (670 kHz) de la Universidad Industrial de Santander.
- Diagnosticar el desempeño de las emisoras UIS estéreo y UIS AM tomando las mediciones realizadas y los parámetros exigidos por el Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MINTIC).
- Verificar el funcionamiento de los equipos que componen las emisoras UIS estéreo en FM (96.9 MHz) y UIS AM (670 kHz) de la Universidad Industrial de Santander.
- Elaborar listas de chequeo para el mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos de las emisoras UIS estéreo FM (96.9 MHz) y UIS AM (670 kHz) de la Universidad Industrial de Santander.

INTRODUCCIÓN

Con la introducción de los primeros equipos de radiodifusión en el país en el año 1929, se dio inicio a una nueva era tecnológica en Colombia, desprendiéndose de ella la primer emisora oficial conocida como la HJN (Más tarde la Radiodifusora Nacional) el 7 de agosto de 1929. A los cuatro meses apareció la primera estación privada (el 8 de diciembre de 1929) identificada con las siglas HKD, cuyo nombre más tarde sería "La Voz de Barranquilla", desde estos años nació un interés por la regulación y estandarización de los parámetros electromagnéticos de los equipos así como también de la división del espectro. La ultima regulación que ha generado el gobierno nacional a través del ministerio de las comunicaciones (hoy en día Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones) es el decreto 195 del 2005 donde se establecen los parámetros electromagnéticos como son intensidad de campo eléctrico, campo magnético y densidad de potencia. Con base a esto todas las emisoras del territorio nacional deben cumplir los parámetros y presentar un informe cada 4 años.

Con este trabajo se pretende verificar el estado de los medios de radiodifusión de la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER (las emisoras UIS AM y UIS estéreo), así como verificar el cumplimiento de las normas exigidas por el Ministerio de Tecnología de la Información y las Comunicaciones para el funcionamiento de estos medios.

El trabajo se realiza debido al interés que hay en saber sí los medios de radiodifusión de la Universidad Industrial de Santander están dentro de los parámetros establecido por el MINTIC , realizando mediciones de radiación no ionizante, además se busca que algún grupo de investigación propio de la universidad (UIS) sea quien haga estos estudios para que el material humano de la Universidad aplique los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera de

ingeniería electrónica para realizar los trabajos de inspección, diagnóstico y si resulta necesario hacer el mantenimiento de los equipos inventariados previamente, y se espera que posteriormente este trabajo sea un modelo para convertirse en una actividad comercial y que puedan ser vendidos a otros usuarios (emisoras) para revisar la calidad de su servicio, generando recursos para la universidad.

Para el desarrollo del trabajo se realizan mediciones con el equipo NARDA NBM-550, de campo eléctrico y campo magnético en el lugar donde se encuentran ubicados los transmisores de las emisoras de la UIS y se revisa si estas están dentro de los estándares establecidos por el Ministerio de Comunicaciones en el decreto 195 del 2005, de igual forma se realizó un inventario para tener una lista detallada de los equipos que conforman las emisoras.

Al final se contrastan los resultados de las mediciones hechas con lo dictado por la norma (decreto 195 del 2005 del Ministerio de Comunicaciones) y se dan las recomendaciones correspondientes.

1. RADIACIÓN NO IONIZANTE

Es aquella onda o partícula que no es capaz de arrancar electrones de la materia que ilumina produciendo, como mucho, excitaciones electrónicas. Atendiendo a la frecuencia de la radiación serán radiaciones no ionizantes las frecuencias comprendidas entre las frecuencias bajas o radio frecuencias y el ultravioleta aproximadamente.

1.1 NORMATIVA INTERNACIONAL DE REFERENCIA

En el año 1974, la asociación internacional para la protección contra la radiación (IRPA) formó un grupo de trabajo para radiaciones no ionizantes, el cual examinó los problemas suscitados en el campo de la protección contra los varios tipos de radiación no ionizantes (RNI). En el congreso de la IRPA en París en 1977, este grupo de trabajo se convirtió en el comité internacional para las radiaciones no ionizantes (INIRC). Pasados los años, en el octavo congreso internacional de la IRPA (Montreal 1992), fue establecida una nueva organización científica independiente: la comisión internacional para la protección contra las radiaciones no ionizantes (ICNIRP) como sucesora de la IRPA/ INRC.

1.2 ICNIRP: COMISIÓN INTERNACIONAL PARA LA PROTECCIÓN CONTRA LAS RADIACIONES NO IONIZANTES⁵

Las funciones de la comisión son investigar los peligros que pueden ser asociados con las diferentes formas de RNI, desarrollar recomendaciones internacionales sobre límites de exposición para las RNI, y tratar todos los aspectos sobre protección contra las RNI. Los asuntos de su incumbencia están relacionados a la

⁵ ICNRP. Recomendaciones para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos hasta 300 GHz (1998).

radiación óptica (ultravioleta, visible e infrarroja) incluyendo los láseres y los campos electromagnéticos (microondas, otros campos de radiofrecuencia y campos de muy baja frecuencia e incluso los campos eléctricos y magnéticos). También son consideradas las exposiciones a ultrasonido e infrasonido.

ICNIRP es un grupo independiente de expertos establecidos para evaluar el estado del conocimiento acerca de los efectos de la RNI en la salud y el bienestar humano, para proporcionar asesoría, basada científicamente, en la protección contra la radiación no ionizante incluyendo la provisión de recomendaciones para limitar la exposición.

Continuamente monitorea y periódicamente lleva a cabo revisiones críticas de la literatura científica concernientes con las características físicas y fuentes de RNI y posibles efectos biológicos y adversos en la salud. Así, puede verse como un almacén de información en los aspectos epidemiológicos, médicos, biológicos, físicos y tecnológicos RNI.

ICNIRP reconoce que la aceptabilidad y adopción de un sistema completo de protección también requiere de datos y de evaluaciones basados en consideraciones sociales, económicas, y políticas. Es la visión de ICNIRP que estas materias son apropiadas a las funciones de gobiernos nacionales y sus autoridades designadas.

1.3 EFECTOS DE LAS RNI EN LA SALUD

La exposición a RNI puede causar diferentes efectos biológicos, con una variedad de consecuencias para un ser humano. Los efectos biológicos pueden no tener consecuencias adversas o beneficiosas conocidas, otros efectos pueden producir condiciones patológicas (enfermedades), mientras aun otros efectos biológicos tienen consecuencias beneficiosas para las personas. Las molestias o incomodidades pueden no ser patológicas, pero si se confirman, pueden afectar el

bienestar físico y mental de una persona y el efecto resultante debe ser considerado como un riesgo potencial para la salud.

Los efectos biológicos sin ninguna consecuencia adversa a la salud identificada no forman parte de la base para limitar la exposición a RNI. Si en paralelo a los efectos adversos, efectos beneficiosos a la salud u otros beneficios están involucrados, se requiere un juicio equilibrado acerca de cómo los límites de exposición se usaran en el proceso de políticas sociales para el tratamiento de los riesgos.

1.3.1 Efectos Indirectos en Campos Electromagnéticos

En el rango de frecuencia de cerca de 100 kHz.- 110 MHz, shocks eléctricos y quemaduras pueden darse en un individuo que toca un objeto de metal que no está conectado a tierra, y ha adquirido una carga en un campo, o del contacto de un individuo cargado y un objeto de metal puesto a tierra. Debe observarse que la frecuencia superior para corrientes de contacto (110 MHz) es impuesta por una carencia de datos para frecuencias más altas, más bien que por la ausencia de estos efectos.

Sin embargo, 110 MHz, es el límite superior de la frecuencia de la banda de radiodifusión en FM. Las corrientes de umbral que dan lugar a efectos biológicos, que se extienden en severidad desde la percepción hasta el dolor se han medido en experimentos controlados en voluntarios (Chatterjee y col. 1986⁶; Tenforde y Kaune 1987⁷; Bernhardt 1988⁸). En general, se ha mostrado que las

⁶ Chatterjee, I.; Wu, 9.; Gandhi, O. P. Human body impedance and threshold currents for perception and pain for contact hazards analysis in the VLF-MF band. IEEE Transactions on Biomedical Engineering; BME-33:48-94; 1986

⁷ Tenforde, T. S. Biological interactions and human health effects of extremely-lowfrequency magnetic fields. In: Extremely low-frequency electromagnetic fields: the question of cancer. (Anderson, L .E.; Stevens, R. 6.; Wilson, B. W. eds.). Columbia, OH, Battelle Press; 291-315; 1990.

⁸ Bernhardt, J. H. The establishment of frequency dependent limits for electric and magnetic fields and evaluation of indirect effect. Radiat. Environ. Biophys. 27:1-2t; 1988.

corrientes de umbral que producen la percepción y el dolor varían poco en el rango de frecuencia 100 kHz- 1 MHz y es poco probable que varíen significativamente en el rango de frecuencia hasta cerca de 110 MHz. Según lo observado anteriormente para frecuencias más bajas, las variaciones significativas entre las sensibilidades de hombres, mujeres, y niños también existen para los campos de frecuencia más altas.

1.3.2 Estudios epidemiológicos.

Solamente un número limitado de estudios se ha realizado sobre los efectos en la reproducción y el riesgo de cáncer en individuos expuestos a la radiación de microonda. Un resumen de la literatura fue publicado por UNEP/ OMS/ IRPA (1993)⁹.

1.3.3 Estudios celulares y animales.

Hay numerosos informes sobre respuestas del comportamiento y fisiológicas de los animales de laboratorio, incluyendo roedores, perros y los primates, a interacciones térmicas de campo electromagnético (CEM) en frecuencias por encima de los 10 MHz. La termosensibilidad y las respuestas termorreguladoras se asocian al hipotálamo y a los receptores térmicos situados en la piel y en partes internas del cuerpo. Las señales aferentes que reflejan el cambio de temperatura convergen en el sistema nervioso central y modifican la actividad principal de los sistemas de control neuroendocrino, accionando las respuestas fisiológicas y del comportamiento necesarias para el mantenimiento de la homeostasis.

La exposición de animales de laboratorio a CEM que producían una absorción en exceso de aproximadamente 4 W kg^{-1} ha revelado un modelo característico de la respuesta termorreguladora, en el cual la temperatura del cuerpo

⁹ <http://www.icnirp.de/documents/emfgdlesp.pdf>

inicialmente sube y luego se estabiliza siguiendo la activación de los mecanismos termorreguladores (Michaelson 1983)¹⁰.

La fase temprana de esta respuesta es acompañada por un aumento en el volumen de la sangre debido al movimiento del líquido del espacio extracelular hacia la circulación y por aumentos en el ritmo cardíaco y la presión interventricular de la sangre.

Estos cambios cardiodinámicos reflejan las respuestas termorreguladoras que facilitan la conducción del calor a la superficie del cuerpo. La exposición prolongada de animales a niveles de radiación de microondas que elevan la temperatura del cuerpo conduce en última instancia al colapso de estos mecanismos termorreguladores.

1.4 NIVELES DE REFERENCIA

Los niveles de referencia son obtenidos, cuando es apropiado, a partir de las restricciones básicas mediante el uso de modelos matemáticos y por extrapolación de los resultados de las investigaciones de laboratorio en frecuencias específicas.

Con el propósito de demostrar conformidad con las restricciones básicas, los niveles de referencia para campo magnético y eléctrico deben ser considerados en forma individual y no aditiva ya que, para propósitos de protección, las corrientes inducidas por campos eléctricos y magnéticos no son aditivas.

¹⁰ Michaelson, S. M. Biological effects and health hazards of RF and MW energy: fundamentals and overall phenomenology. en: Grandolfo, M.; Michaelson, S. M.; Rindi, A., eds. Biological effects and dosimetry of nonionizing radiation. New York, Plenum paginas; 337-357; 1983.

Rango de Frecuencias (MHz)	Intensidad de Campo Eléctrico (Vm ⁻¹)	Intensidad de Campo Magnético (Am ⁻¹)	Densidad de Flujo Magnético (μT)	Densidad de Potencia (Wm ⁻²)
Hasta 1 Hz	–	1,63 x 10 ⁵	2 x 10 ⁵	–
1 – 8 Hz	20 000	1,63 x 10 ⁵ / f ²	2 x 10 ⁵ / f ²	–
8 – 25 Hz	20 000	2 x 10 ³ / f	2,5 x 10 ³ / f	–
0,025 – 0, 82 kHz	500 / f	20 / f	25 / f	–
0,82 – 65 kHz	610	24,4	30,7	–
0,065 – 1 MHz	610	1,6 / f	2 / f	–
1 – 10 MHz	610 / f	1,6 / f	2 / f	–
10 – 400 MHz	61	0,16	0,2	10
400 – 2000 MHz	3 f ^{0,5}	0,008 f ^{0,5}	0,01 f ^{0,5}	f / 40
2 - 300 GHz	137	0.36	0.45	50

Tabla 1. Niveles de referencia para exposición ocupacional a campos eléctricos y magnéticos [ICNRP]

Rango de Frecuencias	Intensidad de Campo Eléctrico (Vm ⁻¹)	Intensidad de Campo Magnético (Am ⁻¹)	Densidad de Flujo Magnético (μT)	Densidad de Potencia (Wm ⁻²)
Hasta 1 Hz	–	3,2 x 10 ⁴	4 x 10 ⁴	–
1 – 8 Hz	10 000	3,2 x 10 ⁴ / f ²	4 x 10 ⁴ / f ²	–
8 – 25 Hz	10 000	4000/ f	5000/ f	–
0,025 – 0, 8 kHz	250 / f	4/ f	5/ f	–
0,8 – 3 kHz	250 / f	5	6,25	–
3 – 150 kHz	87	5	6,25	–
0,15– 1 MHz	87	0,73/ f	0,92 / f	–
1 – 10 MHz	87/ f ^{0,5}	0,73/ f	0,92/ f	–
10 – 400 MHz	28	0,073	0,092	2
400 – 2000 MHz	1,375 f ^{0,5}	0,0037 f ^{0,5}	0,0046 f ^{0,5}	f/ 200
2 - 300 GHz	61	0.16	0.20	10

Tabla 2. Niveles de referencia para exposición poblacional a campos eléctricos y magnéticos [ICNRP]

1.4.1 Densidad de Potencia.

La densidad de potencia es una magnitud vectorial que indica la potencia por unidad de superficie en la dirección de propagación de la señal electromagnética.

Se expresa en vatios por metro cuadrado (W/m^2); se relaciona con los campos eléctricos y magnéticos a través de la siguiente relación (1)

$$S = E \times H \quad (1)$$

Dónde:

S= densidad de potencia y se expresa en (W/m^2)

E= intensidad de campo eléctrico (V/m)

H= intensidad de campo magnético (A/m)

1.4.2 Intensidad de campo eléctrico.

Fuerza por unidad de carga que experimenta una partícula cargada dentro de un campo eléctrico. Se expresa en voltios por metro (V/m).

1.4.3 Intensidad de campo magnético.

Magnitud vectorial axial que junto con la inducción magnética, determina un campo magnético en cualquier punto del espacio. Se expresa en amperios por metro (A/m)¹¹.

1.5 MEDIDAS DE PROTECCION

Las industrias causantes de la exposición a campos eléctricos y magnéticos son las responsables de asegurar el cumplimiento de todos los aspectos de estas recomendaciones. Las medidas de protección para los trabajadores incluyen controles de ingeniería y administrativos, programas de protección personal y

¹¹ Decreto 195. Límites de exposición de las personas a campos electromagnéticos. Diario oficial de la república de Colombia. Bogotá D.C, 31 de enero de 2005.

vigilancia médica. Medidas apropiadas de protección deben ser implementadas cuando la exposición en el lugar de trabajo excede las restricciones básicas. Como primer paso deberían iniciarse controles de ingeniería donde sea posible, para reducir las emisiones de campos de los dispositivos a niveles aceptables. Tales controles deben incluir diseños seguros y donde sea necesario el uso de apantallamientos o mecanismos similares de protección.

Los controles administrativos tales como limitaciones de acceso, advertencias audibles y visibles deberían ser usados en conjunción con controles de ingeniería. Medidas personales de protección tales como ropa apropiada, aunque útiles en ciertas circunstancias, deberían ser consideradas como el último recurso para garantizar la seguridad del trabajador.

1.6 NORMATIVA EN COLOMBIA

En Colombia existen varias leyes decretos y resoluciones que refieren o están relacionadas a las RNI.

- Decreto 195 del 31 de enero de 2005

Establece los límites de exposición de las personas a campos electromagnéticos y se adecuan procedimientos para la instalación de estaciones radioeléctricas.

- Resolución 1645 de 29 de julio de 2005

Reglamenta el Decreto 195 de 2005

- Ley 09 de 1979

Artículo 149. "todas las formas de energía radiante, distintas de las radiaciones ionizantes que se originen en lugares de trabajo, deberán someterse a procedimientos de control para evitar niveles de exposición nocivos para la salud o eficiencia de los trabajadores"

2. MEDICIONES Y VERIFICACION DE PARAMETROS ELECTROMAGNETICOS

2.1 OBJETIVO¹²

El objetivo consiste en registrar las actividades realizadas para la verificación de conformidad de emisiones radioeléctricas en la estación de radiodifusión AM y FM de la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. (Emisora UIS AM – 670 kHz y UIS STEREO 96.9 MHz), localizadas en los sitios relacionados en la Tabla 1, así como los resultados obtenidos. Los límites de referencia, la metodología de medición ejecutada y la presentación de resultados, se basan en los establecidos por el Decreto 195 de enero 31 de 2005 del Ministerio de Comunicaciones de Colombia y la Resolución 1645 del 6 de septiembre de 2005 que lo reglamenta.

Las mediciones se realizaron utilizando el método de banda ancha. Esta medición tiene por objeto registrar el nivel pico máximo, de la componente de los campos eléctrico, magnético o de la densidad de potencia, a lo largo de una línea vertical que represente la altura del cuerpo humano en el punto de medición.

2.2 ALCANCE

Para cumplir con el objetivo del estudio, se realizaron las siguientes actividades:

- Solicitud a la universidad, la información técnica y geográfica del servicio de radiodifusión existente en los sitios a visitar.

¹² PINEDA, marcos. RUÍZ, jorge. Medidas de radiación no ionizante. [tipo de medio pdf], (2012); pagina 4. [consultado 18 1 2013].

- Análisis de pre-ingeniería con el propósito de evaluar e identificar los puntos de medición y las fronteras de exposición a campos electromagnéticos.
- Traslado a los sitios y ejecución de las mediciones de las intensidades de campo eléctrico y magnético.
- Análisis completo de la información para establecer: Resultados, conclusiones y recomendaciones.

2.3 UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES EVALUADAS

Las estaciones de Radiodifusión, Emisoras UIS AM – 670 kHz y UIS estéreo 96.9MHz de la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, evaluadas el día 6 de diciembre de 2012, en la ciudad de Bucaramanga (Santander), se presentan en la Tabla 3.

Tipo de medición	Estación	Ubicación		Coordenadas geográficas						Servicio	Fecha de medición
		Ciudad / Departamento	Dirección	Latitud N			Longitud W				
				G	m	s	g	m	s		
Banda ancha	Emisora UIS AM-670 kHz	Bucaramanga / Santander	Vereda los Santos	7	10	16.8	73	6	17,6	AM	06/12/12
Banda ancha	Emisora UIS estéreo 96.9MHz	Bucaramanga / Santander	Vereda San José	7	7	35.8	73	5	11,8	FM	06/12/12

Tabla 3. Estaciones transmisoras de la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.

En las Figura 1 y Figura 2 se presentan las ubicaciones exactas de las estaciones de radio de la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UIS AM-670 kHz y UIS estéreo 96.9 MHz respectivamente.



Figura 1. Ubicación geográfica de la estación de la emisora UIS-AM 670 kHz.

[googlemaps]



Figura 2. Ubicación geográfica de la estación de la emisora UIS estéreo 96.9 MHz.

[googlemaps]

2.4 LÍMITES DE EXPOSICIÓN SELECCIONADOS

En la Tabla 5 se encuentran los valores que se establecen como límites máximos de exposición Ocupacional y Poblacional para las medidas obtenidas en las estaciones de radiodifusión, para cada una de las variables y que corresponderán en porcentaje al 100% de los límites a analizar y contra los que se compararán los resultados de las emisiones medidas, tal como se establece en el Decreto 195 de 2005 del Ministerio de las Tecnologías de Información y las Comunicaciones de Colombia, dichos límites se encuentran establecidos en la siguiente Tabla 4.

Tipo de Exposición	Gama de frecuencias	Intensidad de campo eléctrico E(V/m)	Intensidad de campo magnético H(v/m)	Densidad de potencia de onda plana equivalente S(W/m ²)
Ocupacional	9-65kHz	610	24.4	-
	0.065-1 MHz	610	1.6/f	-
	1-10 MHz	610/f	1.6/f	-
	10-400MHz	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	9-150kHz	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

Tabla 4. límites máximos de exposición según la frecuencia de operación.

Siendo f la frecuencia en la columna gama de frecuencia expresada en MHz.

En los casos de las estaciones de las Emisoras UIS AM - 670 kHz y UIS estéreo 96.9 MHz, se consideraron los siguientes valores límites máximos de exposición Ocupacional y Poblacional.

Límites máximos de exposición de las personas a radiaciones electromagnéticas				
Emisora	Tipo de exposición	Intensidad de campo eléctrico E(V/m)	Intensidad de campo magnético H(v/m)	Densidad de potencia de onda plana equivalente S(W/m²)
UIS-AM 670 kHz	Ocupacional	610	2.39	-
	Poblacional	87	1.09	-
UIS estéreo 96.9 MHz	Ocupacional	61	0.16	-
	Poblacional	28	0.073	-

Tabla 5. Valores máximos de exposición considerados para las estaciones de radiodifusión FM.

2.4.1 Exposición ocupacional.¹³

Aquella en las que las personas están expuestas como consecuencia de su trabajo y en las que las personas expuestas han sido advertidas del potencial de exposición y pueden ejercer control sobre la misma. La exposición controlada ocupacional también se aplica cuando la exposición es de naturaleza transitoria de resultados del paso ocasional por un lugar en el que los límites de exposición puedan ser superiores a los límites no controlados, para la población general, ya que la persona expuesta ha sido advertida del potencial de exposición y puede controlar esta por algún medio apropiado.

2.4.2 Exposición poblacional.

Aquella donde las personas expuestas a ondas electromagnéticas no forman parte del personal que labora en una Estación radioeléctrica o en las cercanías de fuentes de radiación; no obstante, están expuestas a las emisiones de campo electromagnético de radiofrecuencia producidas por dichas estaciones o sitios.

¹³ Decreto 195. Límites de exposición de las personas a campos electromagnéticos. Diario oficial de la república de Colombia. Bogotá D.C, 31 de enero de 2005.

2.5 MEDIDAS EN BANDA ANCHA

Las medidas fueron realizadas siguiendo la metodología que se especifica en el ANEXO A. Para las mediciones de campo eléctrico se utilizó el equipo Narda NBM-550 y su respectiva sonda la cual trabaja dentro de las frecuencias 100kHz-3GHz, propiedad de la universidad. Las mediciones de intensidad de campo magnético no fueron posibles realizarlas, ya que la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER no cuenta con algún tipo de sonda para este tipo de medición, por lo tanto los valores de dichas mediciones fueron tomados de los informes enviados al Ministerio de Tecnología de la Información y las Comunicaciones, éstas mediciones se realizaron el día 15 de Agosto de 2012 por la empresa TES AMERICA y se adjuntaron a este trabajo con la autorización de la DIVISION DE MANTENIMEINTO TECNOLOGICO.

En las Tablas 6 y 7 se presentan los resultados de las intensidades de campos eléctricos y magnéticos registrados en cada zona, para los dos tipos de ambientes, el ocupacional y el poblacional, en las estaciones de radiodifusión de la universidad. Los valores máximos aparecen resaltados para cada una de las zonas de exposición establecidas por la normatividad nacional¹⁴.

Estaciones Emisoras UIS-AM 670 kHz y UIS estéreo 96.9MHz						
Limites ocupacionales						
Emisora	Intensidad de campo eléctrico			Intensidad de campo magnético		
	Límite ocupacional E(V/m)	Valor de intensidad E(V/m)	Porcentaje respecto al límite (%)	Límite ocupacional H(A/m)	Valor de intensidad H(A/m)	Porcentaje respecto al límite (%)
UIS-AM 670 kHz	610	6.872412	1.126624	2.39	0.0446	1.8602
		12.726832	2.086365		0.0634	2.6527
		25.161983	4.124915		0.1142	4.7782
UIS estéreo 96.9 MHz	61	3.481509	5.707391	0.16	0.0128	8
		6.542439	10.725309		0.0195	12.1875
		7.334029	12.022998		0.0227	14.1875
		5.04092	8.263803		0.0187	11.6875

Tabla 6. Valores registrados y evaluación respecto a los límites de exposición ocupacional.

¹⁴ Decreto 195. Límites de exposición de las personas a campos electromagnéticos. Diario oficial de la república de Colombia. Bogotá D.C, 31 de enero de 2005.

Estaciones Emisoras UIS-AM 670 kHz y UIS estéreo 96.9MHz Límites poblacionales						
Emisora	Intensidad de campo eléctrico			Intensidad de campo magnético		
	Límite poblacional E(V/m)	Valor de intensidad E(V/m)	Porcentaje respecto al límite (%)	Límite poblacional H(A/m)	Valor de intensidad H(A/m)	Porcentaje respecto al límite (%)
UIS-AM 670 kHz	87	6.872412	7.899324	1.09	0.0446	4.0917
		12.726832	14.628542		0.0634	5.8165
		25.161983	28.921819		0.1142	10.477
UIS estéreo 96.9 MHz	28	3.481509	12.43396	0.073	0.0128	17.5342
		6.542439	23.365853		0.0195	26.7123
		7.334029	26.19296		0.0227	31.0958
		5.04092	18.003285		0.0187	25.6164

Tabla 7. Valores registrados y evaluación respecto a los límites de exposición poblacional.

En los resultados obtenidos en las zonas de interés de las instalaciones de las estaciones de las Emisoras UIS AM – 670 kHz y UIS estéreo 96.9 MHz, ubicadas en la ciudad de Bucaramanga, se consideran los límites de EXPOSICIÓN OCUPACIONAL, debido a que el acceso de personas ajenas a las estaciones es restringido y el acceso a estos sitios está permitido solo a personal autorizado y con las medidas de precaución necesarias.

Para validar las mediciones se realizó una medición en campo lejano y se realizaron los respectivos cálculos ver ANEXO B.

2.6 DELIMITACIÓN DE LAS ZONAS EN EL SITIO DE MEDICIÓN

Con la evaluación realizada y tal como se observa en la Tabla 6 y Tabla 7 no existen puntos que sobrepasan los límites aplicables a la exposición poblacional. Se considera no necesaria la instalación de señalización preventiva en ninguna de las 2 estaciones.

Se determinó que no existen zonas de rebasamiento a partir de los resultados experimentales, debido a que las áreas de interés para las mediciones se

consideran como campo cercano. Por otro lado la zona ocupacional se define como toda el área que corresponde a la estación debido a que es una zona de acceso restringido al público en general y se logran niveles de conformidad con respecto a los límites poblacionales dentro de la estación.

MEDIDAS DE RADIACIÓN NO IONIZANTE											
Lugar: ESTACION EMISORA UIS AM 670 kHz / SANTANDER / BUCARAMANGA											
Dpto / Ciudad / Dirección					Santander / Bucaramanga / Los Santos						
Coordenadas geograficas tomadas en la base de la torre					Latitud N			Longitud W			Altura
					g	m	s	G	m	s	(msnm)
					7	10	16,8	73	6	17,65	1337
Fecha	15 de Agosto y 6 de diciembre de 2012				Hora		09:23 a.m.				
Visita realizada por :					Est. Julian Fernando Angarita Baracaldo						
MEDIDAS EN BANDA ANCHA											
REFERENTE DE EVALUACIÓN - DECRETO 195 DE 2005											
Tipo de Exposición					E (V/m)		H (A/m)		Seq (W/m²)		
Ocupacional			Límites		610		2,39		-		
Poblacional					87		1,09		-		
RESULTADOS											
Pto.	Latitud N			Longitud W			Distancia (m)	Azimut	E (V/m)	H (A/m)	Observaciones
	G	m	s	g	m	S			AVEG	AVEG	
1	7	10	18,77	73	6	18,86	67,5	328,58	6,872412	0.0446	
2	7	10	18	73	6	18	37,52	343	12,726832	0.0634	
3	7	10	17,24	73	6	17,94	18,03	333,29	25,161983	0.1142	

Tabla 8. Distancias y azimut de los puntos de medición con respecto a la torre de la estación UIS-AM 670 kHz

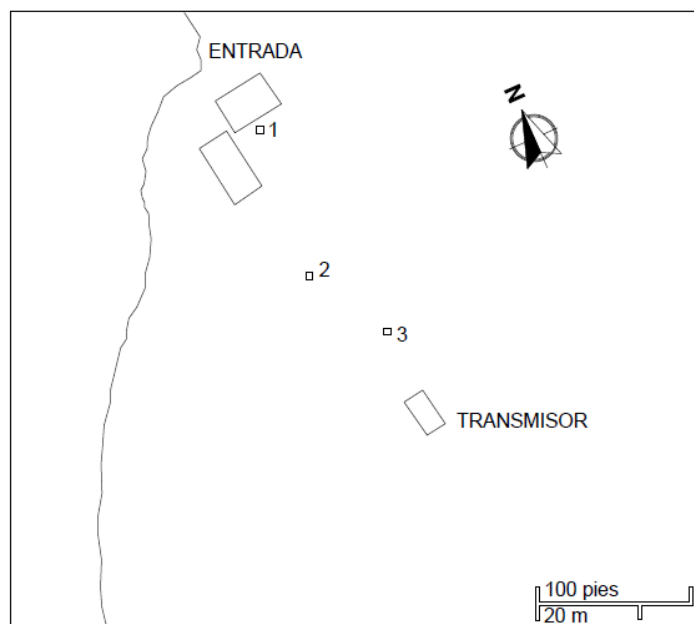


Figura 3. Plano representativa de la estación UIS-AM 670 kHz con sus respectivos puntos de medición. [Autor]

MEDIDAS DE RADIACIÓN NO IONIZANTE												
Lugar: ESTACION EMISORA UIS FM 96.9 MHz / SANTANDER / BUCARAMANGA												
Dpto / Ciudad / Dirección						Santander / Bucaramanga / Vereda San José						
Coordenadas geográficas tomadas en la base de la torre						Latitud N			Longitud W			Altura (msnm)
						G	m	s	G	m	s	
Fecha						6 de diciembre de 2012			Hora		11:28 a.m.	
Visita realizada por :						Est. Julian Fernando Angarita Baracaldo						
MEDIDAS EN BANDA ANCHA												
REFERENTE DE EVALUACIÓN - DECRETO 195 DE 2005												
Tipo de Exposición						E (V/m)		H (A/m)		Seq (W/m ²)		
Ocupacional			Límites			61		0,16		-		
Poblacional						28		0,073		-		
RESULTADOS												
Pto.	Latitud N			Longitud W			Distancia (m)	Azimut	E (V/m)	H (A/m)	Observaciones	
	G	M	s	g	M	S			AVEG	AVEG		
1	7	7	35,97	73	5	11,9	5.06	24.71	3,48151	0.0128	Cara A de la Torre	
2	7	7	35,57	73	5	12,05	6	209.1	6,54244	0.0195	Cara entre B Y C de la torre	

3	7	7	35	73	5	13,2	15,34	169,74	7,33403	0,0227	Cara C de la torre
4	7	7	35,26	73	5	12,30	16,98	219,83	5,04092	0,0187	Cara entre C y D de la Torre

Tabla 9. Distancias y azimut de los puntos de medición con respecto a la torre de la estación UIS estéreo 96.9 MHz.

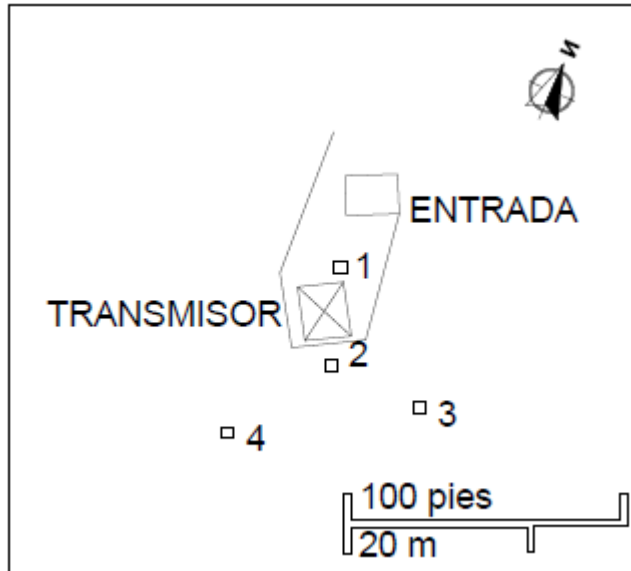


Figura 4. Plano representativa de la estación UIS estéreo 96.9MHz con sus respectivos puntos de medición.

2.7 CONCLUSIÓN

Al comparar los resultados de las mediciones de intensidad campo eléctrico y campo magnético con los límites de exposición determinados en el Decreto 195 de 2005 expedido por el ministerio de comunicaciones, se verifica el cumplimiento que tienen las estaciones de la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.

Emisora UIS AM – 670 KHz y UIS estéreo 96.9MHZ, localizadas en la ciudad de Bucaramanga, cumplen integralmente con lo establecido por el Decreto 195 de 2005 del Ministerio de Comunicaciones de Colombia y la Resolución 1645 del 6 de septiembre de 2005 que lo reglamenta y por lo tanto tienen asociada la categoría de conformidad.

En la Tabla 10 se presentan los niveles máximos registrados para las intensidades de campo eléctrico y magnético en las estaciones conformes.

Estación	Tipo de medición	Límite de exposición ocupacional	Nivel máximo registrado	Porcentaje respecto al límite (%)	Evaluación del límite de exposición ocupacional
UIS-AM 670 kHz	Campo Eléctrico E (V/m)	610	25.161983	4.124915	Cumple
	Campo Magnético H (A/m)	2.39	0.1142	4.7782	Cumple
UIS estéreo 96.9MHz	Campo Eléctrico E (V/m)	61	7.334029	12.022998	Cumple
	Campo Magnético H (A/m)	0.16	0.0227	14.1875	Cumple

Tabla 10. Valores máximos de intensidad de campo eléctrico y campo magnético medidos en las estaciones de las emisoras de la universidad.

3. EQUIPOS QUE COMPONEN LAS EMISORAS UIS

A continuación se podrá observar en las tablas 11, 12, 13,14 y 15 los distintos equipos con los que cuentan las emisoras UIS, con sus respectivos números de inventario, nombre del equipo, marcas, modelos y ubicaciones.

3.1 EQUIPOS CABINA FM

Número de inventario	Nombre Equipo	Marcas	Modelo	Ubicación
45220	Monitor señal al aire	TFT	884	Cabina FM
45228	Ecuador	Yamaha	Q2031B	Cabina FM
45229	Reproductor de CD	Demon	DCM-340	Cabina FM
45230	Reproductor CD	Denon	DCM340	Cabina FM
46727	Grabadora	Aiwa	CDS SR520	Cabina FM
56240	UPS	Energex	SMK 1000 ARM	Cabina FM
63396	Hibrido telefónico	AEQ	TH-02-EX	Cabina FM
63405	Amplificador	Crown	D-75 ^a	Cabina FM
71035	Computador	Dell	Optiplex GX620	Cabina FM
76942	Reproductor CD	Sony	CDP XE270	Cabina FM
76943	Reproductor CD	Sony	CDP XE270	Cabina FM
94372	Mezclador micrófonos	Shure	SCM410	Cabina FM
95145	Consola	Net Wave	PRE-75-54	Cabina FM
Préstamo	Receptor satelital	Fortec Star	life time ultra	Cabina FM
Préstamo	Receptor satelital	Neta	DRX 3200	Cabina FM
Préstamo	Receptor satelital	Scientific Atlanta	D9223	Cabina FM
Préstamo	Receptor satelital	Scientific Atlanta	D9223	Cabina FM
N.A.	Amplificador micrófono	ATI	MLA400	Cabina FM
N.A.	Consola e interruptor	Sound craft	CPS 450B	Cabina FM
N.A.	Reproductor miniDV	Sony	MDS 541	Cabina FM
N.A.	Reproductor miniDV	Sony	MDS 541	Cabina FM
N.A.	Computador	Dell	Vostro 260	Cabina FM
N.A.	Tarjeta audio	M-audio	Fast track c600	Cabina FM

Tabla 11. Equipos cabina FM

3.2 EQUIPOS CABINA PRODUCCIÓN

Número de inventario	Nombre Equipo	Marca	Modelo	Ubicación
45214	Procesador de audio	Orban	8200	Cabina de producción
45231	Torna mesa	Technics	SL 1200MKZ	Cabina de producción
45235	Clavijero	N.A.	N.A.	Cabina de producción
52147	Reproductor mini DV	Sony	MDS-E12	Cabina de producción
55176	Computador	Antec	N.A.	Cabina de producción
63394	Transmisor	Marti	STL 10	Cabina de producción
63402	Casetera	Tascam	112MKII	Cabina de producción
71034	Computador	Dell	Optiplex 6x620	Cabina de producción
78439	Computador	Dell	Power edge 840	Cabina de producción
82578	Computador	Dell	optiplex 740	Cabina de producción
93440	UPS	PCM	UTL 8000	Cabina de producción
94373	Mezclador Micrófono	Shure	SCM 410	Cabina de producción
95146	Consola	Net Wave	PRZ-75-54	Cabina de producción
Préstamo	Patch panel de datos	Trend net	TE100-S16	Cabina de producción
N.A.	Grabadora CD	Sony	CDR W33	Cabina de producción
N.A.	Reproductor CD	Marantz	PMD 321U	Cabina de producción
N.A.	Reproductor CD	Marantz	PMD 321U	Cabina de producción
N.A.	Switch de datos	Planet	W65W1602	Cabina de producción
N.A.	Patch panel de datos	Quest	NPP 1016	Cabina de producción
N.A.	Patch panel de datos	Quest	NPP 1016	Cabina de producción
N.A.	Patch panel de datos	Quest	NPP 1016	Cabina de producción
N.A.	Procesador Audio Maximizador	BBE	882	Cabina de producción
N.A.	Transmisor	Moseley	PCL 6010	Cabina de producción
N.A.	Procesador Audio	Orban	220	Cabina de producción
N.A.	Disco duro audio (sampler)	Hot keys	DR550	Cabina de producción
N.A.	Computador	Dell	Optiplex 6x620	Cabina de producción
N.A.	Tarjeta de audio	M-audio	Fast track C600	Cabina de producción

Tabla 12. Equipos cabina de producción.

3.3 EQUIPOS CABINA AM

Número de inventario	Nombre Equipo	Marca	Modelo	Ubicación
46728	Radio	Sony	ICF 24	Cabina AM
52146	Reproductor y grabador miniDV	Sony	MDS-E12	Cabina AM
54550	Computador	Clon		Cabina AM
56238	UPS	Energex	SMK 1000 ARM	Cabina AM
62197	Computador	IBM	N.A.	Cabina AM
80843	Computador	Dell	Optiplex 740	Cabina AM
95723	Computador	Hewlett packard	HP Compact 6000 pro	Cabina AM
N.A.	Amplificador	Tascam	PA 20 MK II	Cabina AM
N.A.	Monitor	TFT	923A	Cabina AM
N.A.	Casetera	Technics	RS-TR979	Cabina AM
N.A.	Reproductor CD	Marantz	PMD 321	Cabina AM
N.A.	Reproductor CD	Marantz	PMD 321	Cabina AM
N.A.	Tarjeta audio	M-audio	Fast track c600	Cabina AM
N.A.	Hibrido telefónico	AEQ	TH02EX	Cabina AM
N.A.	Consola	AudioArts Engineering	R-60	Cabina AM

Tabla 13. Equipos cabina AM

3.4 EQUIPOS TRANSMISOR AM

Número de inventario	Nombre Equipo	Marca	Modelo	Ubicación
45213	Transmisor	Harris	DX10	Transmisor AM
45222	Amplificador	Tascam	PA-20 MKII	Transmisor AM
48768	caja de sintonía	N.A.	N.A.	Transmisor AM
63386	Broadcast audio processor	Orban 9200	Optimod AM digital	Transmisor AM
63393	Monitor modulación AM	Belar	N.A.	Transmisor AM
63394	Receptor	Marti electronics	R-10/300	Transmisor AM

Tabla 14. Equipos transmisor AM

3.5 EQUIPOS TRANSMISOR FM

Número de inventario	Nombre Equipo	Marca	Modelo	Ubicación
63383	N.A.	Harris	Platinum Z	Transmisor FM
N.A.	Receptor stl	Mosley	pcl 6020	Transmisor FM
N.A.	N.A.	Harris	Superciter	Transmisor FM
N.A.	Transmisor	Harris	Z5FM	Transmisor FM

Tabla 15. Equipos transmisor FM

4. MANTENIMIENTO

4.1 LISTA DE CHEQUEO

- **Chasis:** examine el exterior del equipo, la limpieza y las condiciones físicas generales. Asegúrese que la carcasa esté intacta, que todos los accesorios estén presentes y firmes, que no haya señales de líquidos derramados u otros abusos.
- **Montajes y apoyos:** Si el equipo está montado sobre una superficie o en un rack, revisar la integridad de la misma. Examinar si todos sus componentes están bien atornillados.
- **Enchufe de red y base de enchufe:** examinar si está dañado el enchufe de red y su base para determinar que no falte ningún tornillo, que no está el plástico roto y que no hay indicios de peligro.
- **Terminales o conectores:** Examinar todos los terminales del cable y ver que están en buenas condiciones. Dichos terminales o contactos eléctricos deberían estar bien y limpios.
- **Interruptores y fusibles:** Si el equipo cuenta con un interruptor de corriente, revisarlo y ver que se mueve con facilidad. Si el equipo está protegido por un fusible externo, revisar su valor y modelo de acuerdo con la placa de características colocada en el chasis.
- **Perillas de control:** Antes de mover cualquier mando considere la posibilidad de un uso inapropiado o posible fallo del equipo. grabar la posición de estos controles para volver a colocarlos en su posición al terminar la inspección.
- **Etiquetado:** inspeccionar que estén todas las palcas de características, etiquetas de advertencia, caracteres de conversión. Que todas ellas estén presentes y legibles.
- **Accesorios:** confirmar la presencia y las condiciones de los accesorios del equipo.

- **Parámetros técnicos:** Para realizar las condiciones adecuadas de funcionamiento se deben seguir los siguientes parámetros: voltaje de operación, frecuencia de operación y la potencia datos que encontramos en las placas de los equipos.

4.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Es aquel que consiste en un grupo de tareas planificadas que se ejecutan periódicamente, con el objetivo de garantizar que los activos cumplan con las funciones requeridas durante su ciclo de vida útil dentro del contexto operacional donde se ubican, alargar sus ciclos de vida y mejorar la eficiencia de los procesos.

El principal objetivo del mantenimiento es evitar o mitigar las consecuencias de los fallos del equipo logrando prevenir las incidencias antes de que estas ocurran. Las tareas de mantenimiento preventivo incluyen acciones como cambio de piezas desgastadas, cambios de aceites y lubricantes, etc. El mantenimiento preventivo debe evitar los fallos en el equipo antes de que ocurran.

Debido a la importancia del mantenimiento preventivo en la prolongación de la vida útil de los equipos y en el adecuado funcionamiento, se han determinado los siguientes pasos que debe tener dicho tipo de mantenimiento¹⁵:

- **Limpieza externa:** No rocíe, ni vierta ni derrame ningún líquido sobre el equipo ni en sus accesorios, conectores, interruptores o aperturas en la carcasa. Las superficies se pueden limpiar con un paño suave con una solución jabonosa y frotando suavemente las superficies del equipo
- **Condiciones ambientales:** Verificar que el equipo no se encuentre en un sitio húmedo, que no esté en un lugar donde la luz solar sea directa.

¹⁵ MUÑOZ SALAZAR, karent Eliana. En: Manual de protocolos de mantenimiento de equipos Biomédicos para el hospital Susana López de Valencia E.S.E. [en línea]. (2008); [consultado 15 1 2013], (paginas 103-108). Disponible en< <http://bdigital.uao.edu.co/bitstream/10614/311/1/T0003307.pdf>>

- **Reemplazar componentes:** Si es necesario cambiar algún componente, referirse al manual técnico del fabricante.
- **Ajuste y calibración:** se deben hacer los respectivos ajustes y calibraciones teniendo en cuenta los manuales y catálogos de cada equipo.
- **Inspección externa:** Verifique sin necesidad de levantar o quitar tornillos ninguna parte del equipo; es decir a simple vista, cualquier indicio de corrosión, fugas, desgastes, impactos físicos o cualquier signo que obligue a sustituir partes.

4.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Es el proceso de corrección de fallas o averías de los equipos, no es planificado. Se realiza partiendo del informe que de él operador del equipo o la persona encargada del mantenimiento preventivo. Es la habitual reparación tras una avería, que obliga a detener la instalación o equipo afectado por el falló.

Para dicho mantenimiento se realizarán los siguientes pasos:

- **Localizar la falla:** se identifica la pieza que falló, realizando las respectivas mediciones que indica el manual o catálogo del equipo.
- **Buscar la causa:** una vez realizadas las mediciones y la identificación de la falla se empieza a buscar el por qué falló.
- **Corregir la causa:** se hace un estudio para ver si es rentable reparar el equipo o reemplazarlo por un equipo nuevo.
- **Verificar que está adecuadamente instalado y/o conectado:** una vez se repara el equipo o se cambia se hacen pruebas de verificación para estar seguros de que el equipo ha quedado bien reparado y/o instalado.
- **Verificar si la falla fue por desgaste o falta de mantenimiento:** revisión por parte del técnico de la pieza que falló y ver por qué falló.

Dicha recomendación del técnico se tendrá presente para posteriores mantenimientos.

En la Tabla 16 se observa un formato para realizar la lista de chequeo para realizar el mantenimiento preventivo.

En el ANEXO C se encontrara el formato de las respectivas fichas técnicas de los equipos con que cuentan las emisoras de la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.

		EMISORAS UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER					
Nombre de equipo:							
Marca:							
Modelo:							
Numero de inventario:							
Ubicación:							
Frecuencia de mantenimiento: cada dos meses.							
FECHA							
		PASÓ	FALLÓ	PASÓ	FALLÓ	PASÓ	FALLÓ
Chasis							
Montajes y apoyos							
Enchufe de red y base de enchufe							
Terminales o conectores							
Interruptores y fusibles							
Perillas de control							
Etiquetado							
Parámetros técnicos							

MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
Limpieza externa						
Condiciones ambientales						
Reemplazar componentes						
Ajuste y calibración						
Inspección externa						
OBSERVACIONES						
Nombre del técnico:						

Tabla 16. Lista de chequeo mantenimiento preventivo.

5. CONCLUSIONES

- Al realizar las mediciones de intensidad de campo eléctrico y campo magnético de las emisoras UIS estéreo en FM (96.9 MHz) y UIS-AM (670 kHz) de la Universidad Industrial de Santander, se comprobó que dichas mediciones están dentro de los límites establecidos por el decreto 195 del 2005 del Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.
- Comparando las mediciones registradas con los límites ocupacionales y de público en general del decreto 195 del 2005¹⁶, se observa que no existen puntos que sobrepasen los límites aplicables a la exposición de público en general. por lo tanto se considera no necesaria la instalación de señalización preventiva en ninguna de las 2 estaciones, Por otro lado la zona ocupacional se define como toda el área que corresponde a la estación debido a que es una zona de acceso restringido al público en general.
- Al realizar el inventario de los equipos que conforman las emisoras de la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, se logra recopilar información muy valiosa consiguiendo así la verificación del funcionamiento de los equipos y la obtención de algunos de los manuales y catálogos de los equipos, los cuales nos llevan a concluir que se debe realizar mantenimiento preventivo cada 2 meses como lo recomiendan los fabricantes en dichos manuales.
- Se elaboró una lista de chequeo en la cual se lleva el desempeño de los equipo, permitiendo conocer el estado real de cada uno de ellos para facilitar la información necesaria a la hora de realizar los mantenimientos preventivos y correctivos.

¹⁶ Decreto 195. Límites de exposición de las personas a campos electromagnéticos. Diario oficial de la república de Colombia. Bogotá D.C, 31 de enero de 2005

6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda para trabajos futuros, la calibración del equipo NARDA NBM-550, si estos informes se pretenden presentar ante el Ministerio de Tecnología de la Información y las Comunicaciones; ya que esta entidad requiere anexar el documento donde se especifica la fecha de calibración y su vigencia.
- También sería de suma importancia la compra de dos sondas, una HF3061 la cual trabaja dentro de las frecuencias 300kHz-30MHz y la otra sonda HF0191 la cual trabaja dentro de las frecuencias 27MHz-1GHz, compatibles con el equipo NARDA NBM-550 para lograr medir intensidades de campo magnético.
- Para lograr empezar a prestar el servicio de mediciones de radiación no ionizante, se recomienda a la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL de SANTANDER, registrarse ante el MINTIC, y por medio de las TIC que se encuentran en Guatiguara comenzar a ofrecer dicho servicio.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

[ICNRP] ICNRP. Recomendaciones para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos hasta 300 GHz (1998).

[CHATTERJEE] CHATTERJEE, I.; Wu, 9.; Gandhi, O. P. Human body impedance and threshold currents for perception and pain for contact hazards analysis in the VLF-MF band. IEEE Transactions on Biomedical Engineering; BME-33:48~94; 1986.

[TENFORDE] TENFORDE, T. S. Biological interactions and human health effects of extremely-low frequency magnetic fields. In: Extremely low-frequency electromagnetic fields: the question of cancer. (Anderson, L .E.; Stevens, R. 6.; Wilson, B. W. eds.). Columbia, OH, Battelle Press; 291-315; 1990.

[BERNHARDT] BERNHARDT, J. H. The establishment of frequency dependent limits for electric and magnetic fields and evaluation of indirect effect. Radiat. Environ. Biophys.; 27:1-2t;1988.

[CADENA JIMÉNEZ] CADENA JIMÉNEZ, Luis Enrique; VÁSQUEZ ORTIZ, Diego Paúl. Radiodifusión. En: Migración de la radiodifusión analógica a la radiodifusión digital por debajo de los 300 MHz en el país. [En línea]. (2007); 38-41. [Consultado 1 12 2012]. Disponible en <
<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2791/1/CD-0626.pdf> >

[KEIHT] KEIHT, Michael C. El control del audio. En: Técnicas de producción de radio. [en línea]. (1992); [consultado 1 12 2012]. Disponible en <<http://recursostic.educacion.es/comunicacion/media/web/accesibilidad.php?c=&inc=radio&blk=2&pag=4>>

[MUÑOZ SALAZAR] MUÑOZ SALAZAR, karent Eliana. En: Manual de protocolos de mantenimiento de equipos Biomédicos para el hospital Susana López de Valencia E.S.E. [en línea]. (2008); [consultado 15 1 2013], (paginas 103-108). Disponible en <<http://bdigital.uao.edu.co/bitstream/10614/3111/1/T0003307.pdf>>

[RUGELES URIBE] RUGELES URIBE, jose de jesus. Radio Enlaces. [en pdf]; (paginas 123-125)

Normas UIT-T K.52 Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos.

Decreto 195. Límites de exposición de las personas a campos electromagnéticos. Diario oficial de la república de Colombia. Bogotá D.C, 31 de enero de 2005.

ANEXOS

A continuación se presentan los anexos:

ANEXO A. MEDICIONES DE RADIAZION NO IONIZANTE

DEFINICIONES:

Campo cercano: Es la existente en las proximidades de una antena en la que los campos eléctricos y magnéticos no constituyen sustancialmente ondas planas, sino que varían considerablemente punto a punto. La región de campo cercano se subdivide a su vez en la región de campo cercano reactivo, que es más próxima al elemento radiante y que contiene la mayor parte o casi la totalidad de la energía almacenada y la región de campo cercano radiante, en la que el campo de radiación predomina sobre el campo reactivo, pero que no es sustancialmente del tipo onda plana y tiene una estructura compleja. El campo cercano va hasta los 3λ .

Campo lejano: Es la región del campo radiado por una antena, donde la distribución angular de campo es esencialmente independiente de la distancia respecto a la antena. En la región del campo lejano, el campo predominante es del tipo onda plana, es decir, distribución localmente uniforme de la intensidad de campo eléctrico y de la intensidad de campo magnético en planos transversales a la dirección de propagación. El campo lejano comienza a partir de una distancia de la antena dada por el valor que resulte mayor a 3λ .

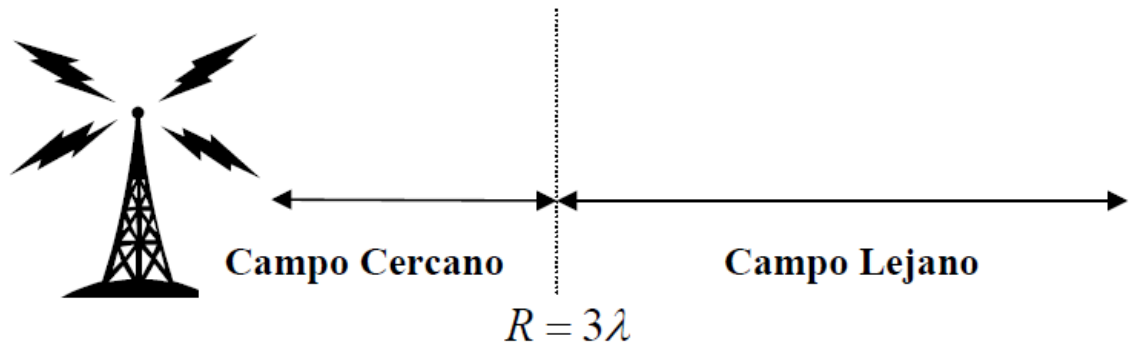


Figura 1 campo cercano, campo lejano

Zonas de exposición de personas a campos electromagnéticos: Las zonas se definen de la siguiente forma:

Zona de público en general. En la zona la exposición potencial a campos electromagnéticos está por debajo de los límites aplicables a la exposición poblacional, y por lo tanto, también está por debajo de los límites aplicables a la exposición ocupacional y que en el caso de múltiples fuentes, el nivel de exposición porcentual es menor al ciento por ciento (100%).

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

Zona de rebasamiento. En la zona de rebasamiento, la exposición potencial a campos electromagnéticos sobrepasa los límites aplicables a la exposición ocupacional y a la exposición poblacional.

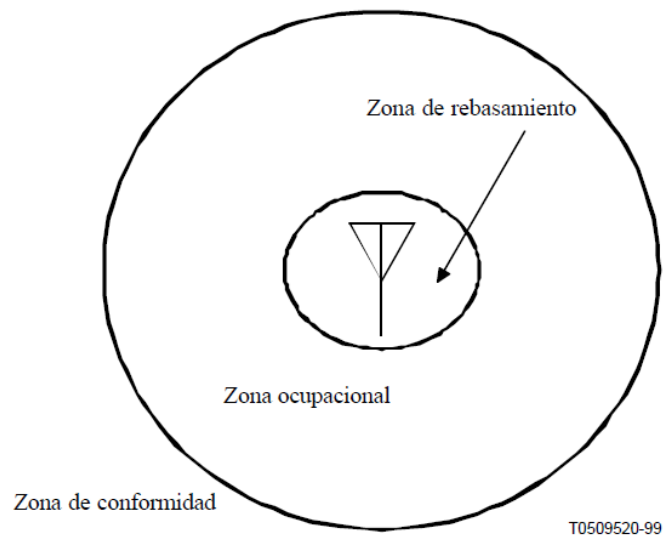
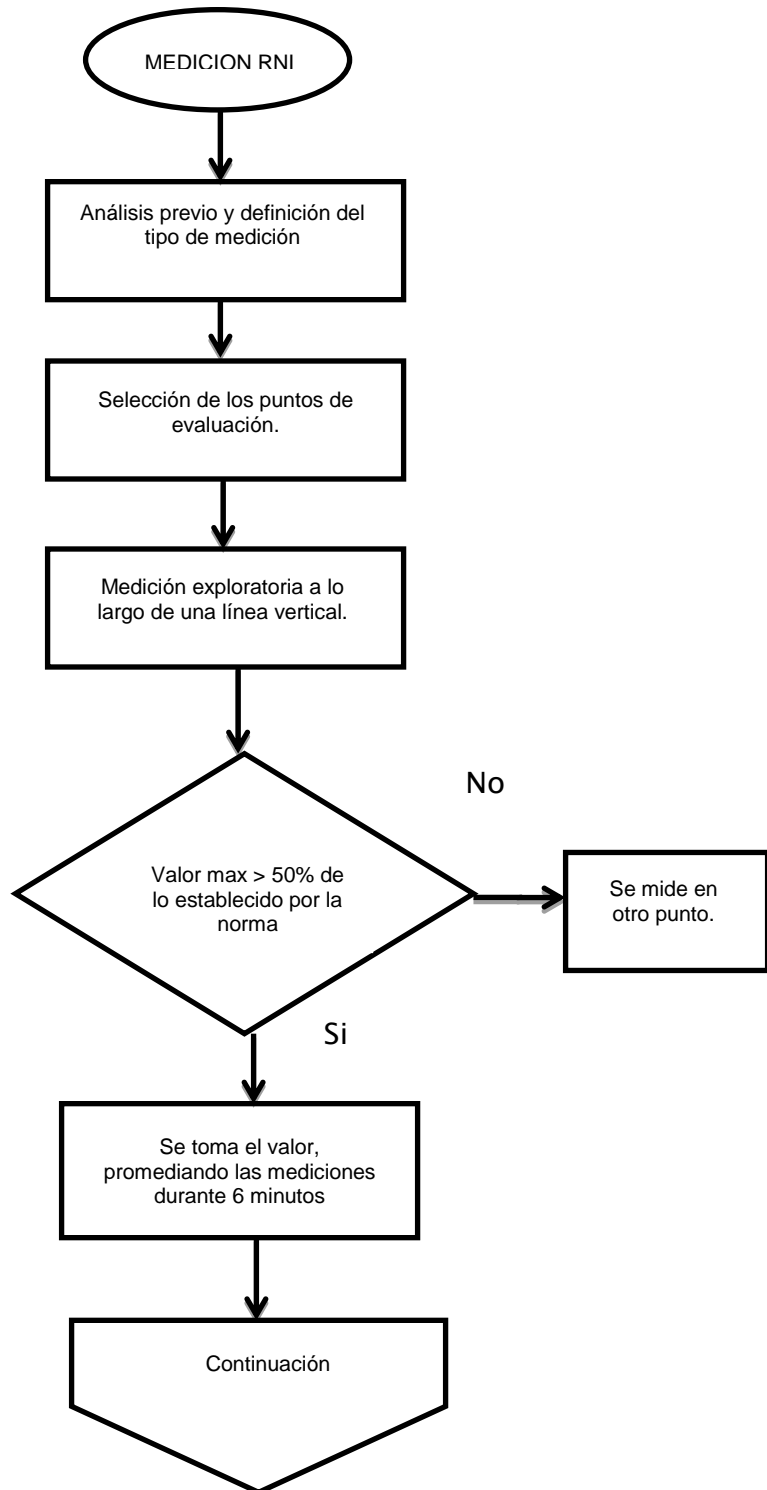
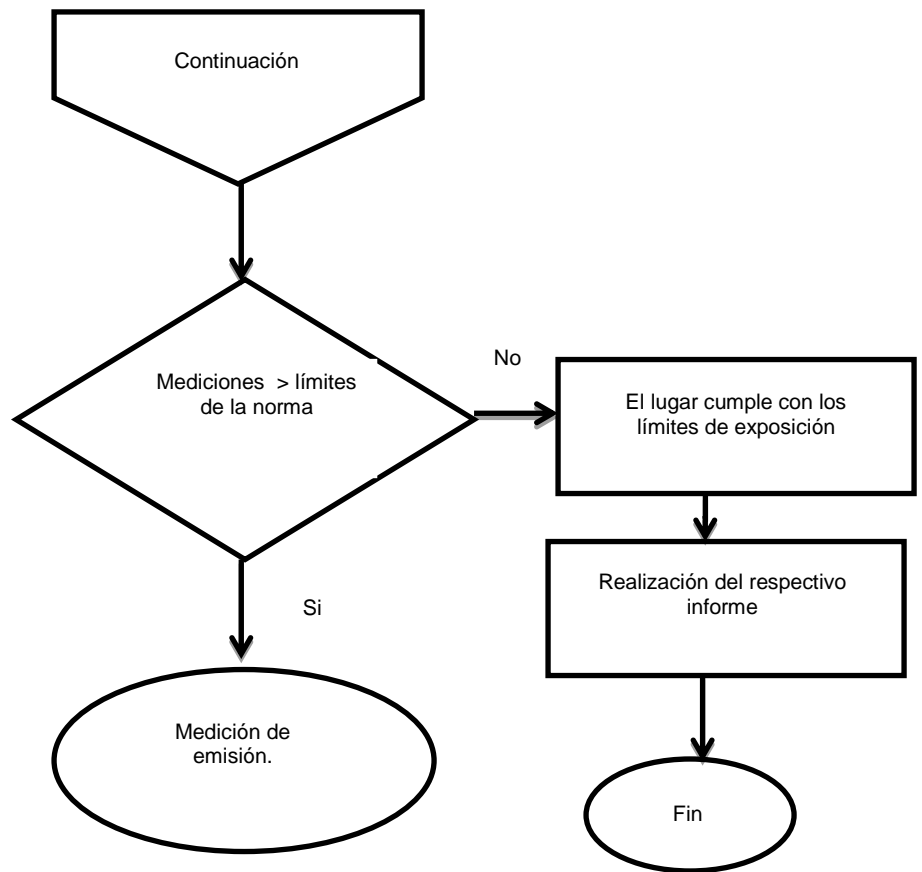


Figura 2. Zonas de exposición.

Mediciones en banda ancha: Esta medición tiene por objeto registrar el nivel pico máximo, de la componente de los campos eléctrico, magnético o de la densidad de potencia, a lo largo de una línea vertical que represente la altura del cuerpo humano en el punto de medición.

METODOLOGIA GENERAL DE MEDICION:





Análisis previo y definición del tipo de medición.

Se realiza la solicitud a la universidad de la información técnica y geográfica del servicio de radiodifusión existente en los sitios a visitar.

Estos datos son:

	UIS-AM	UIS estéreo
Departamento	Santander	Santander
Ciudad	Bucaramanga	Bucaramanga

Clase de servicio	Radiodifusión	Radiodifusión
Frecuencia [MHz]	0.670	96.9
Tamaño de la antena [m]	118	60
Potencia radiada [kW]	10	10

Tabla 1. Información técnica estaciones de radiodifusión.

A continuación se define el tipo de región en el cual se van a realizar las mediciones.

$$\lambda = C/F$$

Siendo:

λ la longitud de onda.

C la velocidad de la luz.

F frecuencia de operación.

Para el análisis en cuestión se obtienen los siguientes datos:

	UIS-AM 670kHz	UIS estéreo 96.9MHz
3 λ [m]	1343.28	9.287

Tabla2.límites campo lejano, campo cercano.

Para este caso se realizan mediciones de campo cercano ya que $R < 3 \lambda$.

Se calculan los valores máximos de exposición tomando como referencia el decreto 192 del 2005 del MINTIC Tabla 3 y posteriormente se calculan las respectivas fronteras de exposición.

Tipo de Exposición	Gama de frecuencias	Intensidad de campo eléctrico E(V/m)	Intensidad de campo magnético H(v/m)	Densidad de potencia de onda plana equivalente S(W/m ²)
Ocupacional	9-65kHz	610	24.4	-
	0.065-1 MHz	610	1.6/f	-
	1-10 MHz	610/f	1.6/f	-
	10-400MHz	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	9-150kHz	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

Tabla 3 límites máximos de exposición según la frecuencia de operación.

Siendo f la frecuencia en la columna gama de frecuencia expresada en MHz.

Límites máximos de exposición de las personas a radiaciones electromagnéticas				
Emisora	Tipo de exposición	Intensidad de campo eléctrico E(V/m)	Intensidad de campo magnético H(v/m)	Densidad de potencia de onda plana equivalente S(W/m ²)
UIS-AM 670 kHz	Ocupacional	610	2.39	-
	Poblacional	87	1.09	-
UIS estéreo	Ocupacional	61	0.16	-

96.9 MHz	Poblacional	28	0.073	-
----------	-------------	----	-------	---

Tabla 4. Límites máximos de exposición.

Calculo de los límites de exposición

En el Decreto 195 del 31 de Enero de 2005 del Ministerio de Comunicaciones de Colombia¹⁷, se especifican los niveles de referencia para exposición ocupacional a intensidad de campos eléctrico y magnético para la frecuencia de interés (Ver Tabla 3).

Teniendo estos datos, se procede a hallar la distancia a partir de la cual se cumple el límite ocupacional. Tomando como referencia las pautas para evaluar el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a campos electromagnéticos de la FCC¹⁸ (Comisión Federal de Comunicaciones), se tiene que la densidad de potencia para servicios de radiodifusión obedece la siguiente ecuación:

$$S = \frac{2.56 * EIRP}{4\pi R^2}$$

Despejando R se tiene:

$$R = \sqrt{\frac{2.56 * EIRP}{4\pi S}}$$

¹⁷ Decreto 195. Límites de exposición de las personas a campos electromagnéticos. Diario oficial de la república de Colombia. Bogotá D.C, 31 de enero de 2005.

¹⁸ OET Bulletin No. 65 (August 1997): Evaluating Compliance With FCC Guidelines for Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields. Fuente: <http://www.fcc.gov/oet/info/documents/bulletins/>

El valor de S se toma de la Tabla 4.

$$\frac{F \text{ rebasamiento}}{\text{ocupacional}} = \sqrt{\frac{2.56 * EIRP}{4\pi S_{\text{ocupacional}}}} \quad y \quad \frac{F \text{ ocupacional}}{\text{poblacional}} = \sqrt{\frac{2.56 * EIRP}{4\pi S_{\text{poblacional}}}}$$

Aplicando las anteriores ecuaciones se obtienen las fronteras de exposición.

	UIS-AM 670kHz	UIS estéreo 96.9MHz
F rebasamiento/ocupacional [m]	1.873	22.8976
F ocupacional/poblacional [m]	7.345	50.0351

Tabla5. Fronteras exposicionales.

Selección de los puntos de medición.

Los puntos de medición se seleccionan de acuerdo a las características del sistema radiante y la longitud de onda de las emisiones. Además de los puntos de medición seleccionados anteriormente, se ubican puntos adicionales tales como: salas de soporte técnico, vías de acceso, salones de equipos, puntos que por exploraciones es necesario considerar, puntos cercanos a la torre de la antena, puntos ubicados en la zona de campo cercano, en la zona de influencia de otras Fuentes radiantes y en la frontera de las áreas ocupacional y de público general.

Para evitar efectos capacitivos, los puntos de medición se ubicaran a una distancia no inferior de 20cm de cualquier objeto conductor o tres veces el tamaño de la sonda.

Mediciones en Banda Ancha.

La medida inicial de verificación de límites de exposición se realiza con el uso del medidor de campo de banda ancha NARDA NBM-550 y las sondas de campo respectivas, de tal manera que se obtiene el efecto total de todas las fuentes radiantes posibles en el sitio. Este instrumento utiliza un método de ajuste de cero completamente automático, que sigue siendo válido en presencia de intensidades de campo elevadas.

Esta medición tiene por objeto registrar el nivel pico máximo, de la componente de los campos eléctrico, magnético o de la densidad de potencia, a lo largo de una línea vertical que represente la altura del cuerpo humano en el punto de medición.

Se inicia la toma de medidas en la zona de campo cercano con la sonda de campo eléctrico y magnético a una distancia que presente una lectura significativa, tratando en lo posible de describir dos trayectos perpendiculares con respecto a la fuente radiante en forma de cruz con la sonda de medición ubicada a 1,70 m de altura o cubriendo un área radial cada 30 grados.

En cada punto de evaluación se determina la variación de los datos tomados a lo largo de una línea vertical que representa la altura del cuerpo humano, partiendo a una altura de 20cm del suelo y con una velocidad lenta y constante, llegando a una altura promedio de 1.80m. Si durante el proceso se presentan fluctuaciones que superan el 50% del límite de máxima exposición permitida, o se considere que la medición en dicho punto será valiosa para el proceso de análisis se realiza una medición de promediado temporal (duración de 6 minutos), almacenándose estas mediciones, para su posterior análisis.

Tomando como referencia el tiempo que permanecen los equipos de comunicaciones en operación, se realizan las medidas en el horario que represente las condiciones cotidianas de trabajo.

En el caso que la medición exceda el valor límite de exposición o que se considere pertinente para enriquecer el análisis de los datos obtenidos en campo, se realizara la medición de Banda Angosta.

ANEXO B VERIFICACION MEDICION

Región de campo cercano: en la región de campo reactivo, los campos eléctricos y magnéticos deben considerarse por separado. En ausencia de objetos distorsionantes del campo, los campos pueden calcularse utilizando formulas cuasiestables si se conoce una distribución en curso.

Al no contar con las formulas cuasiestables, ni conocer la distribución de los campos, se realizó una medición de campo lejano para cada emisora comprobando los resultados experimentales con los tomados en campo, dichos datos se tomaron en la universidad industrial de Santander en el parqueadero ubicado entre la escuela de música y el edificio de alta tensión.

Siguiendo el apéndice 2. Ejemplo de evaluación de la exposición al EMF de la norma UIT k.52.

Exposición a nivel del suelo¹⁹

La geometría para calcular la exposición al nivel del suelo debida a una antena elevada, figura 1

¹⁹ NORMAS UIT-T K.52. Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos .en [pdf]; paginas (26 y 27).

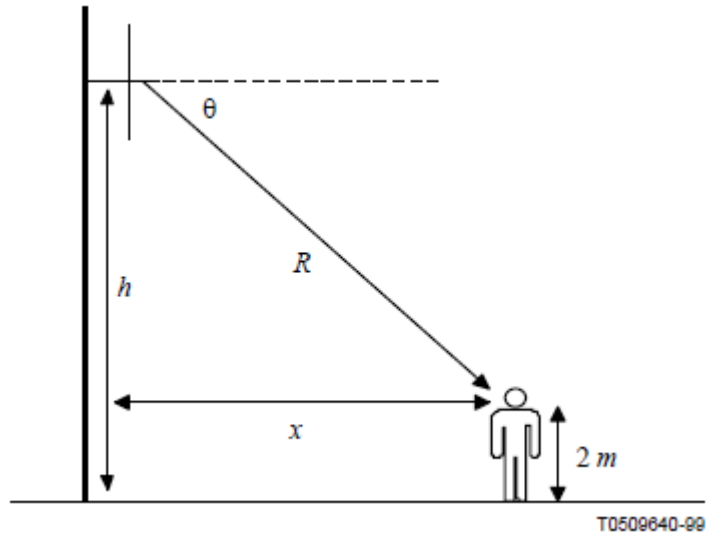


Figura 1. Ejemplo de configuración para calcular la exposición a nivel del suelo.

Se instala una antena que el centro de radiación se halle a una altura h sobre el suelo. El objetivo del cálculo es evaluar la densidad de potencia en un punto a 2 m por encima del suelo, a una distancia x de la torre. En este ejemplo el haz principal es paralelo al suelo y la ganancia de antena es axialmente simétrica (omnidireccional).

Simplificando lo anterior, se define $h'=h-2[\text{m}]$. recurriendo a la trigonometría,

$$R^2 = h'^2 + x^2 ; \quad \theta = \text{atan} \left[\frac{h'}{x} \right] \text{ ec.}(1)$$

Teniendo en cuenta las reflexiones en el suelo, la densidad de potencia resulta:

$$S = \frac{2.56}{4\pi} F(\theta) \frac{EIRP}{x^2 + h'^2} \text{ ec.}(2)$$

Por ejemplo, si la antena es un dipolo de media onda, la ganancia numérica relativa es de la forma:

$$F(\theta) = \left[\frac{\cos(90 \text{ sen}(\theta))}{\cos(\theta)} \right]^2 \text{ ec.}(3)$$

Medición entre 2 puntos²⁰

¿Cómo calcular la distancia entre dos puntos de la tierra a partir de las coordenadas geográficas?

Como la tierra es aproximadamente una esfera, se aplican conceptos de la trigonometría esférica. Se emplea la figura 2 para explicar la transformación.

Sean los puntos P y P' dados por sus coordenadas:

$$P \rightarrow (\text{latitud: } \theta, \text{ longitud: } \lambda), \text{ colatitud: } \phi = 90 - \theta$$

$$P' \rightarrow (\text{latitud: } \theta', \text{ longitud: } \lambda'), \text{ colatitud: } \phi' = 90 - \theta'$$

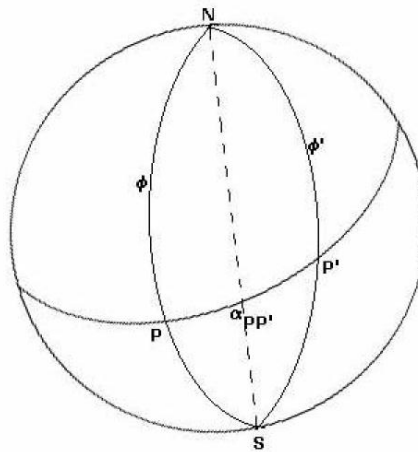


Figura 2. Triángulo esférico que forman P, P' y N.

La distancia entre dos puntos, P y P' de la superficie de la Tierra es la longitud del arco de círculo máximo comprendido entre el punto P y el punto P'. Para hacer estos cálculos aproximaremos el elipsoide terrestre por la forma esférica, y calcularemos el arco de círculo máximo entre ambos puntos mediante la fórmula de los cosenos de la trigonometría esférica.

²⁰ RUGELES URIBE, jose de jesus. Radio Enlaces. [en pdf]; (paginas 123-125)

Sea ahora el triángulo esférico P-N-P' formado por ambos puntos y el polo Norte. Se conocen los lados PN= ϕ y P'N= ϕ' , así como el ángulo diedro PNP'= $\lambda-\lambda'$. Por lo tanto, aplicando el teorema de los cosenos de la geometría esférica es posible calcular el tercer lado de dicho triángulo a partir del arco de círculo máximo entre ambos puntos:

$$\cos a_{pp'} = \cos \phi \cos \phi' + \sin \phi \sin \phi' \cos(\lambda - \lambda') \text{ ec. (4)}$$

$$a_{pp'} = \arccos[\cos \phi \cos \phi' + \sin \phi \sin \phi' \cos(\lambda - \lambda')] \text{ ec. (5)}$$

Para calcular la distancia entre ambos puntos se emplea la proporción de 360° a 40000 kilómetros con la del arco $a_{PP'}$ a su longitud $d_{PP'}$.

$$\frac{d_{pp'}}{a_{pp'}} = \frac{40000}{360} \text{ ec. (6)}$$

Se obtiene así la siguiente fórmula aproximada:

$$d_{pp'} = \frac{40000}{360} \arccos[\cos \phi \cos \phi' + \sin \phi \sin \phi' \cos(\lambda - \lambda')] \text{ ec. (7)}$$

Siguiendo los pasos anteriores ec.(4), ec.(5), ec.(6) y ec.(7) se obtiene:

latitud			longitud			Θ	λ	Φ		
grados	minutos	segundos	grados	Minutos	segundos					
7	10	16,8	73	6	17,65	7,171333333	73,1049028	82,82866667	AM	1
7	8	31,08	73	7	18,69	7,141966667	73,1218583	82,85803333	UIS	2
7	7	35,86	73	5	11,9	7,126627778	73,0866389	82,87337222	FM	3

Tabla 1. Coordenadas de los transmisores de las emisoras UIS.

AM

cos(φ)	cos(φ_2)	cos(φ)*cos(φ_2)	sen(φ)	sen(φ_2)	cos($\varphi_2-\varphi$)	sen(φ)*sen(φ_2)	cos(App')	App'	dpp'[km]
0,124836	0,124328		0,992177	0,992241	0,9999999		0,999999	0,033844	3,760466
84	28	0,015520749	28	14	56	0,984479119	83	2	67

FM									
cos(φ_3)	cos(φ_2)	cos(φ_3)*cos(φ_2)	sen(φ_3)	sen(φ_2)	cos($\varphi_2-\varphi_3$)	sen(φ_3)*sen(φ_2)	cos(App')	App'	dpp'[km]
0,124062	0,124328		0,992274	0,992241	0,9999998		0,999999	0,038164	4,240542
64	28	0,015424495	39	14	11	0,984575469	78	88	22

Tabla 2. Distancia entre las antenas de radiodifusión y la universidad industrial de Santander.

Con las distancias dpp' obtenidas en la tabla 2.se continua con el procedimiento realizando las ecuaciones ec.(1), ec.(2) y ec.(3).

Una vez hallada la densidad de potencia nos referimos a la ecuación de onda plana ec.(8), se logra hallar la intensidad de campo eléctrico.

$$S = \frac{E^2}{377} \text{ ec. (8)}$$

h[m]	h'[m]	X[m]	θ	F(θ)	EIRP[W]	R ² [m ²]	S[W/m ²]	E[V/m]	ESTACIÓN
117	115	3760,466669	1,75163413	0,99862943	25118,8643	14154334,6	0,00036103	0,36892933	AM
59	57	4240,542217	0,770105	0,99973494	25118,8643	17985447,3	0,00028444	0,327467	FM

Tabla 3. Cálculo matemático de la intensidad de campo eléctrico.

Dónde:

h= altura hasta la mitad de la bahía

h'= altura h-2

X= dpp' distancia entre transmisor y punto de medición

F(θ)=ganancia numérica relativa

EIRP= potencia radiada por la ganancia de la antena

S=densidad de potencia

E=intensidad de campo eléctrica

En la tabla 4 encontramos la comparación de los campos eléctricos teóricos y experimentales medidos con el equipo NARDA NBM-550 quien cuenta con una exactitud del 95%.

ESTACION	E experimental [V/m]	E teórico[V/m]
AM	0,34	0,36892933
FM	0,32	0,327467

Tabla 4. Verificación de resultados.

Realizando la comparación que se observa en la tabla 4, se puede concluir que los datos medidos en campo son válidos, ya que realizando los respectivos cálculos y comparándolos con una medición en campo lejano se obtienen datos muy similares.

ANEXO C. FICHA TECNICA

 FICHA TECNICA 											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="padding: 2px;">EQUIPO:</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">MARCA:</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">FABRICANTE</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Nº SERIE:</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Nº DE INVENTARIO:</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">UBICACIÓN:</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">USO:</td></tr> <tr> <td style="padding: 2px;">MANUALES:</td> <td style="padding: 2px;">CATALOGOS:</td> </tr> <tr><td style="padding: 2px;">RESPONSABLE:</td></tr> </table>	EQUIPO:	MARCA:	FABRICANTE	Nº SERIE:	Nº DE INVENTARIO:	UBICACIÓN:	USO:	MANUALES:	CATALOGOS:	RESPONSABLE:	<div style="border: 1px solid black; height: 200px; width: 100%; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> FOTO </div>
EQUIPO:											
MARCA:											
FABRICANTE											
Nº SERIE:											
Nº DE INVENTARIO:											
UBICACIÓN:											
USO:											
MANUALES:	CATALOGOS:										
RESPONSABLE:											
CARACTERISTICA Y ESPECIFICACIONES TECNICAS											
MODELO:	DIMENSIONES:										
TENSION [V]:	AMPERAJE [A]:										
FRECUENCIA [Hz]:	POTENCIA [W]:										
DESCRIPCION DEL EQUIPO											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="height: 20px;"> </td></tr> <tr><td style="height: 20px;"> </td></tr> <tr><td style="height: 20px;"> </td></tr> <tr><td style="height: 20px;"> </td></tr> </table>											
OBSERVACIONES											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="height: 20px;"> </td></tr> <tr><td style="height: 20px;"> </td></tr> <tr><td style="height: 20px;"> </td></tr> </table>											

Figura 1. Ficha técnica.