

Campos Electromagnéticos de las Estaciones Bases de Telefonía Móvil-2008 en la Ciudad de Potosí - Bolivia y sus Efectos en la Salud

Electromagnetic Fields from Mobile Telephony Base Stations – 2008 in the Potosi City –Bolivia and Their Health Efectcs

Roberto Vera¹, Víctor Manuel Cruz Ornetta²

¹Facultad de Ciencias Puras, Universidad Autónoma Tomas Frías, Potosí, Bolivia

²Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

Resumen— El objetivo de este artículo es evaluar los campos electromagnéticos de las redes de telefonía móvil en la ciudad de Potosí - Bolivia, y sus posibles efectos en la salud de las personas. Este estudio considero dos fases: La evaluación de los efectos biológicos y en la salud, que está basada en varias revisiones internacionales importantes, especialmente aquellas que han sido conducidas en el marco del Proyecto Internacional Campos Electromagnéticos, de la Organización Mundial de la Salud. La evaluación de la exposición descansa sobre los resultados de la evaluación, realizada durante el año 2008, de los campos electromagnéticos provenientes de las principales estaciones bases de la telefonía móvil. Se encontró que los efectos en la salud establecidos se dan debido al efecto térmico de las radiaciones no ionizantes que producen incrementos de temperatura corporal mayores a 1 °C. La evaluación de la exposición muestra que los niveles promedio más altos de exposición en Potosí son menores al 0.14% de los límites ICNIRP poblacionales y menor al 0.11% de los límites bolivianos poblacionales. Asimismo, el máximo temporal se da entre las 17:30 y 19:30 h y cumple con los valores señalados anteriormente. En conclusión, la evaluación de los campos electromagnéticos de las redes de telefonía móvil en Potosí demuestra que cumplen tanto con la Norma Boliviana como con los límites internacionales ICNIRP.

Abstract— The objective of this paper was to evaluate the electromagnetic fields from mobile telephony networks in the city of Potosí in Bolivia, and its possible effects in human health. The risk assessment considers two phases: the assessment of biological and health effects which is based on very important international and national revisions, specially those who has been

conducted within the frame of the International Electromagnetic Field Project of the World Health Organization and the evaluation of the exposure which stands on the results of the evaluation of the main base stations from mobile communications carried out in 2008. It was found that the established health effects are linked to the thermal effect due to non-ionizing radiations which produced a body temperature increment higher than 1 °C.

The exposure evaluation shows that the highest average exposure levels in Potosí are lower than 0.14% of the general public ICNIRP limits and less than 0.11% of Bolivian general public limits. It was also found that the maximum temporal average level was between 17:30 and 19:30 and it is in accordance with the values previously indicated. In conclusion the evaluation of electromagnetic fields from mobile telephony networks in Potosí are in compliance with the Bolivian standard and with ICNIRP international guidelines

Palabras clave— Campos electromagnéticos, Radiaciones No Ionizantes, Telefonía móvil, Evaluación de la exposición, Límites ICNIRP

Key words— Electromagnetic fields, Non- ionizing radiations, Mobile telephony, Evaluation of exposure, ICNIRP guidelines

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, los servicios de telefonía móvil en Bolivia y particularmente en Potosí han experimentado el mayor crecimiento de todos los servicios de telecomunicaciones. De acuerdo a la Superintendencia de Telecomunicaciones (SITTEL), en los últimos doce años, la telefonía móvil en Bolivia registró un crecimiento de aproximadamente trece mil

¹ Roberto Vera. E-mail: robertarmco@gmail.com

² Victor Cruz Ornetta. E-mail: vcruzo@gmail.com

por ciento, yendo de 33 400 en 1996 a 4.4 millones de abonados al primer semestre de 2008.

El crecimiento de la telefonía móvil es inexorable, constituyéndose en la práctica, en muchos casos, en el único medio para dar servicio telefónico a las zonas urbano-marginales y ciertas zonas rurales; pero también la preocupación de la población se ha incrementado en forma proporcional al crecimiento de las redes.

Este estudio busca determinar de manera cuantitativa el cumplimiento de los límites internacionales y bolivianos para campos electromagnéticos de la telefonía móvil en la ciudad de Potosí en Bolivia y, por lo tanto, los posibles efectos en la salud. Para ello evalúa los posibles efectos sobre la salud de los campos electromagnéticos (radiaciones no ionizantes) de telefonía móvil en base a los resultados de las revisiones más importantes, especialmente las que han sido desarrolladas dentro del marco propuesto por el Proyecto Internacional Campos Electromagnéticos de la Organización Mundial de la Salud. Asimismo, se revisaron las recomendaciones internacionales y nacionales pertinentes. Finalmente, se midieron y evaluaron los niveles de exposición a los campos electromagnéticos de las estaciones bases de los servicios de telefonía móvil en Potosí - Bolivia,

II. ANTECEDENTES

Existen diversos estudios que han sido realizados en los diversos países de Latinoamérica y a nivel mundial; sin embargo, en la mayoría de casos solo incluyen mediciones de campos electromagnéticos, pero no incluyen la evaluación de los efectos sobre la salud. En ese sentido, este estudio incluye ambos componentes.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Efectos biológicos y sobre la salud

Para la evaluación de los efectos en la salud, se ha realizado una revisión de los principales documentos publicados por organizaciones internacionales tales como el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) [1], la Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP) [2], y la Organización Mundial de la Salud (OMS) [3].

B. Recomendaciones internacionales y nacionales

Se ha revisado las recomendaciones internacionales para las radiaciones no ionizantes de la telefonía móvil en base a información de la Comisión Internacional para Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP) [2], y de la Superintendencia de Telecomunicaciones de Bolivia (SITTEL) [4].

C. Evaluación de los Niveles de Exposición Producidos por las Estaciones Bases

La evaluación de los niveles de exposición fue realizada en el año 2008 [5].

1) Distribución geográfica y cantidad de lugares de medición

En el año 2008, en la ciudad de Potosí habían un total de 13 antenas de telefonía móvil de las diferentes operadoras (ENTEL, TIGO y VIVA), por lo cual se desarrollaron las mediciones y evaluación de los campos electromagnéticos en una muestra mayor al 50% del universo, provenientes de 8 estaciones bases de telefonía móvil en la ciudad de Potosí (2 estaciones base de ENTEL, 5 estaciones base de TIGO y 1 estación base de VIVA).

2) Equipos

Los equipos utilizados para las mediciones fueron:

(a) 01 medidor y analizador de campo electromagnético (700MHz-2.5GHz), incluyendo Sonda direccional Hyperlog, 01 Antena Varilla; 01 Trípode; 01 Cargador. Este instrumento puede medir la intensidad de la radiación que proviene de las antenas e interpretar los resultados en relación a los límites de exposición a campos de radiación no-ionizante (ICNIRP, siglas en ingles). Un aspecto a señalar es que su sonda es de tipo direccional y no de tipo omnidireccional como lo requieren los protocolos internacionales.

(b) GPS, cámaras fotográficas digitales, brújulas, altímetros, odómetros.

3) Protocolo de medición

En base a las Recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones [6], se definió un protocolo de acuerdo a las limitaciones de equipo y económicas del estudio.

a) Para una mejor ubicación en las coordenadas respectivas de las antenas de telefonía móvil dadas por el GPS, se obtuvo una imagen satelital del punto a evaluarse.

b) Tomando el punto de referencia de la coordenada obtenida de la imagen satelital y dar una distancia determinada de separación de la antena.

c) Con la distancia de separación, se delimita el área de trabajo mediante geometría circular.

d) Con un transportador cada 10° grados se delimita el ángulo de barrido de la circunferencia.

e) Al adquirir los datos, se debe mantener la sonda con el brazo extendido, para minimizar la interacción del cuerpo con el campo electromagnético.

f) Debido a que la sonda es directiva y no isotrópica es necesario girar lentamente la sonda en cada punto de la zona de interés delimitada circularmente para buscar la orientación de la señal más alta. En caso que de existir línea de vista hacia la estación base, la señal más alta se encuentra apuntando a la misma con la sonda (antena Hyperlog).

g) La altura de la sonda debe ser entre 1,00 y 1,70 metros por encima del suelo del punto de referencia, para capturar las emisiones de radiación.

h) Una vez que se han identificados los puntos calientes dentro de la zona de interés, se activa la función "HOLD" (presionando la tecla PUNTO), para analizar y verificar los valores de la emisión de la radiación electromagnética máximos.

i) Aunque de acuerdo a las recomendaciones internacionales ICNIRP e IEEE es necesario realizar las mediciones para exposición poblacional por 6 minutos; sin embargo, se ha encontrado que en el caso de las estaciones bases en la ciudad de Potosí, bastaban entre uno y tres minutos para registrar una lectura representativa del nivel de radiación máxima existente en cada punto.

j) El registro del nivel de campo electromagnético se realizó en términos de la densidad de potencia S en microvatios por metro cuadrado (μWm^{-2}), el campo eléctrico E en voltio por metro (Vm^{-1}) y la intensidad de campo magnético H en miliamperio por metro (mAm^{-1}); cuando el valor más alto se mantiene en la pantalla, se convierte en lectura de la densidad de potencia a un porcentaje de los límites de exposición ICNIRP.

Asimismo se registraron los siguientes datos: Coordenadas geográficas, fecha y hora. Diagrama con detalles de los lugares expuestos (gráfico y vistas de los lugares).

Fotos del sitio de medición y del proceso

III. RESULTADOS

A. Identificación de los efectos biológicos y en la salud

Los estudios de efectos biológicos y en la salud debido a exposición a los campos electromagnéticos se iniciaron en los años 50 y actualmente la base de datos del Proyecto Internacional Campos Electromagnéticos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) tiene más de 3200 estudios para radiofrecuencia incluyendo aproximadamente 1100 estudios sobre telefonía móvil [3]. La evaluación de efectos biológicos y en la salud en el Perú se basó en los documentos mencionados. Los efectos en la salud establecidos debido a las radiaciones no ionizantes de telefonía móvil derivan del efecto térmico por exposición aguda mayor a 4 W/kg que produce un incremento de temperatura mayor a 1 °C.

La exposición externa a radiaciones no ionizantes de las estaciones de telefonía móvil se mide en términos del campo eléctrico (V/m), campo magnético (A/m o Teslas) y densidad de potencia (W/m^2), que para campos de radiofrecuencia para regiones de campo lejano están completamente relacionados. La exposición interna para las radiofrecuencias se mide en términos de la tasa de absorción específica (SAR)

(W/kg). La relación entre el campo y la tasa de absorción específica no es directa y se calcula mediante modelamiento matemático.

En cuanto a la exposición interna se ha encontrado para voluntarios humanos, expuestos a SAR de 4 W/kg por 15 a 20 minutos, que el promedio de incremento de temperatura fue de 0.2 a 0.5 °C lo que es completamente aceptable para gente sana.

El indicador más sensible que puede ser definido como efecto nocivo para la salud durante la exposición a campos electromagnéticos es el comportamiento que puede ser alterado mucho antes que aparezcan lesiones anatómicas debido a exposiciones fuertes [2,3].

IV. RECOMENDACIONES INTERNACIONALES Y NACIONALES

Basados en los efectos biológicos y en la salud, establecidos mediante la investigación realizada en el ámbito mundial, se han formulado los límites internacionales de exposición.

A. Las Recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP)

Las Recomendaciones ICNIRP son las guías más aceptadas para exposición a las radiaciones no ionizantes. Ellas son promovidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y más de 30 países en el mundo entero, incluyendo las administraciones de salud, telecomunicaciones, ambiente y otras.

1) Las restricciones básicas

Las restricciones básicas son aquellas restricciones a la exposición producida por los campos electromagnéticos y están basadas en los efectos adversos sobre la salud ya establecidos.

Las restricciones básicas para la exposición a CEM de radiofrecuencia están dadas en términos de la tasa de absorción específica (SAR) o la densidad de potencia.

El ICNIRP condiciona que para "la protección contra efectos adversos a la salud se requiere que estas restricciones básicas no sean excedidas".

En base a los efectos establecidos y tomando en cuenta un factor de seguridad de 10 se obtienen las restricciones básicas ocupacionales. Las restricciones básicas para el público en general son obtenidas dividiendo por un factor de cincuenta veces los niveles umbral, cinco veces más estrictos que los ocupacionales.

B) Los niveles de referencia

Las restricciones básicas son parámetros físicos cuyo cumplimiento asegura que no haya efectos sobre

la salud pero son bastante difíciles de medir, especialmente en el campo, por lo que es necesario relacionarlas con parámetros que sean más fáciles de medir los cuales son conocidos como los niveles de referencia. Estos niveles de referencia son obtenidos, mediante el uso de modelos matemáticos y por extrapolación de los resultados de las investigaciones de laboratorio a frecuencias específicas.

Por encima de 10 MHz, las intensidades de campo eléctrico y magnético pueden ser obtenidas a partir de la restricción básica SAR de cuerpo entero utilizando datos experimentales y modelos numéricos. Las intensidades de campo magnético son calculadas a partir de la fórmula de la impedancia del medio para el vacío $\eta_0 = E/H = 377$ ohmios, válida para el campo lejano. En el campo cercano, las curvas de la Tasa de Absorción Específica (SAR) ya no son válidas, pues los campos eléctricos y magnéticos están desacoplados. Para una aproximación conservadora a los niveles de exposición pueden ser utilizados los niveles de campo lejano dado que los campos eléctricos y magnéticos independientemente no pueden exceder las restricciones del SAR.

Los niveles de referencia ICNIRP poblacionales se muestran en la Tabla I, considerándose un tiempo de exposición para la evaluación del promedio en el caso del SAR o S, tiempo en el cual en algún o algunos instantes los límites pueden ser excedidos bajo la condición de que el promedio de exposición no exceda los límites.

TABLA I

Límites máximos permisibles ICNIRP – Exposición del público en general

Rango de Frecuencia	E (Vm ⁻¹)	B (µT)	S (Wm ⁻²)
Hasta 1 Hz	–	4 x 10 ⁴	–
1 – 8 Hz	10 000	4 x 10 ⁴ / f ²	–
8 – 25 Hz	10 000	5000 / f	–
0,025 – 0,8 kHz	250 / f	5 / f	–
0,8 – 3 kHz	250 / f	6,25	–
3 – 150 kHz	87	6,25	–
0,15– 1 MHz	87	0,92 / f	–
1 – 10 MHz	87 / f ^{0,5}	0,92 / f	–
10 – 400 MHz	28	0,092	2
400 – 2000 MHz	1,375 f ^{0,5}	0,0046 f ^{0,5}	f / 200
2 – 300 GHz	61	0,20	10

Notas:

1. La frecuencia está en las unidades señaladas en la columna Rango de Frecuencia.
2. Para frecuencias entre 100 kHz y 10 GHz, Seq, E², H² y B², deben ser promediados sobre cualquier periodo de 6 minutos.

3. Para frecuencias mayores a 10 GHz, Seq, E², H², y B², deben ser promediados sobre cualquier periodo de 68 / f^{1,05} minutos (f en GHz).

Al igual que para las restricciones básicas, inicialmente se obtienen los niveles de referencia ocupacionales y a partir de ellos, mediante la utilización de un factor de seguridad, se obtienen los niveles de referencia para la exposición de público en general.

Asumiendo que se cumplen las restricciones básicas y que se pueden excluir los efectos indirectos adversos, los valores de las intensidades de campo pueden ser excedidos.

B. Los estándares bolivianos para Radiaciones No Ionizantes

El 12 de abril de 2002, el Comité Técnico de la Superintendencia de Telecomunicaciones, de acuerdo con el Reporte COMTEC /2002/001, adoptó los límites utilizados por la Comisión Federal de Comunicaciones de los Estados Unidos de Norteamérica (FCC).

El Superintendente de Telecomunicaciones mediante Nota Interna ST/NI/INT/33/2002 del 19 de abril 19 de 2002, basado en el Reporte Técnico COMTEC/2002/001 del 12 de abril de 2002, recomendó la aprobación del Estándar Técnico “Límites de Exposición Humana para Campos Electromagnéticos de Radiofrecuencia” [4].

Este estándar establece los límites máximos permisibles para la exposición humana a campos electromagnéticos de radiofrecuencia en el rango de 300 kHz a 100 GHz.

Este estándar utiliza como referencias los siguientes documentos [7]:

U.S. Federal Communications Commission 96-326: Guidelines for Evaluating the Environmental Effects of Radiofrequency Radiation.

OET Bulletin 65 - “Evaluating Compliance with FCC Guidelines for Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields”.

Supplement A to OET Bulletin 65 – “Additional Information for Radio and Television Broadcast Stations”.

Supplement B to OET Bulletin 65 – “Additional Information for Amateur Radio Stations”.

Supplement C to OET Bulletin 65 – “Additional Information for Evaluating Compliance of Mobile and Portable Devices with FCC Limits for Human Exposure to Radiofrequency Emissions”.

“A Local Government Official’s Guide to Transmitting Antenna RF Emission Safety: Rules, Procedures, and Practical Guidance”. FCC Junio de 2000.

Los límites bolivianos para exposición del público en general son presentados en la Tabla II.

TABLA II

Límites para exposición del Público en General / No Controlada

Rango de Frecuencia (MHz)	E (V/m)	H (A/m)	S (mW/cm ²)
	614	1.63	100
1.34 – 30	824 / f	2.19 / f	180 / f ²
30 – 300	27.5	0.073	0.2
300 – 1500	N/A	N/A	f / 1500
1500 – 100000	N/A	N/A	1.0

C. Evaluación de la exposición

De las mediciones realizadas a las ocho estaciones bases, se mostró que la exposición más alta fue del orden de 0.14% de los límites ICNIRP para el público en general y de 0.11% de los límites poblacionales bolivianos. En la Tabla III se muestran los valores máximos evaluados de acuerdo a las Recomendaciones ICNIRP y los Estándares Bolivianos.

TABLA III

Valores Máximos para Exposición Poblacional de Acuerdo a las Recomendaciones Icnirp y a los Estándares Bolivianos

Estaciones Bases	Límites ICNIRP Pob. (%)	Límites Bolivianos Pob. (%)
EB-1	0.033378945	0.025034209
EB-2	0.047430669	0.035573002
EB-3	0.133827019	0.100370264
EB-4	0.056634148	0.042475611
EB-5	0.030042583	0.022531937
EB-6	0.003078449	0.002308837
EB-7	0.004303326	0.003227494
EB-8	0.009930071	0.007447553

Asimismo, se ha verificado la variación de la densidad de potencia y los cocientes de exposición poblacional de acuerdo a las Recomendaciones ICNIRP y los Estándares Bolivianos, según la hora del día

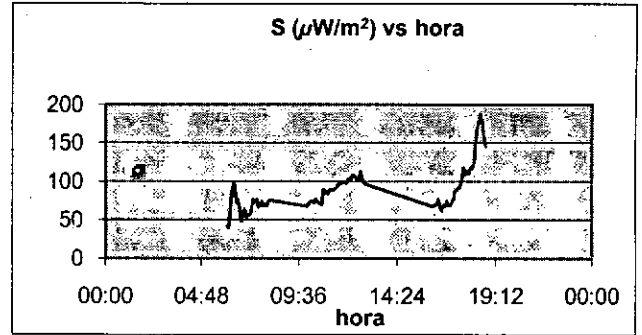


Fig. n.º 1. Variación de la densidad de potencia de acuerdo a la hora del día

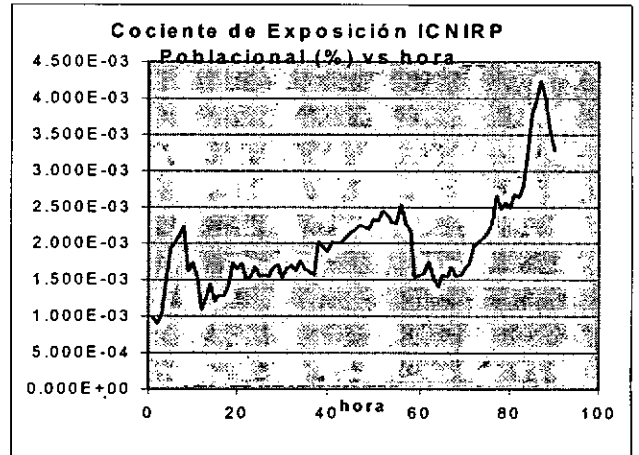


Fig. n.º 2. Variación del cociente de exposición en términos de las Recomendaciones ICNIRP de acuerdo a la hora del día

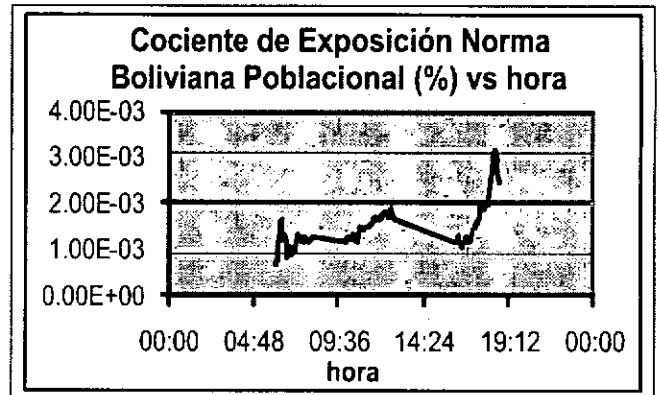


Fig. n.º 3. Variación del cociente de exposición en términos de los Estándares Bolivianos de acuerdo a la hora del día

Los valores de la evaluación de la exposición poblacional realizados en Potosí son coherentes con los valores de exposición medidos en Inglaterra y Perú [8- 11].

V. CONCLUSIONES

Esta primera evaluación de los campos electromagnéticos de la telefonía móvil nos muestra valores de exposición muy bajos.

En cuanto a la evaluación de efectos sobre la salud, se señala que los efectos en la salud establecidos por las investigaciones realizadas tienen lugar para niveles térmicos, es decir para una tasa de absorción específica mayor a 4 W/kg.

REFERENCIAS

- [1] Institute of Electrical and Electronics Engineers. Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure Levels to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz, IEEE Standard C95.1. New York: IEEE; 2006.
- [2] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (Up to 300 GHz), Health Phys. 1998; 74(4); 494- 592.
- [3] World Health Organization. Electromagnetic Fields (EMF). Disponible en: <http://www.who.int/peh-emf/en/>
- [4] Telecommunications Superintendency, Technical Standard "Human Exposure Limits for Radiofrequency Electromagnetic Fields", Administrative Regulatory Resolution 2002/0313 (2002), http://200.105.130.251/Portals/0/Regulacion/ES_T_limite_exposicion.pdf
- [5] Vera R., Los Niveles de Radiación Electromagnética de la Telefonía Móvil en la Ciudad de Potosí [Tesis de Licenciatura Roberto]. Potosí: Universidad Autónoma Tomas Frías; 2009.
- [6] International Telecommunications Union, Guidance on Complying with Limits for Human Exposure to Electromagnetic Fields, Series K: Protection against Interference, Recommendation K.52 (2004). Geneva: UIT; 2004. Disponible en: <http://www.itu.int/rec/T-REC-K.52-200412-1/en>
- [7] Federal Communications Commission (FCC), Evaluating compliance with FCC Guidelines for human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields- OET Bulletin 65 (1997), http://www.fcc.gov/Bureaus/Engineering_Technology/Documents/bulletins/oet65/oet65.pdf
- [8] Cruz V., Diagnóstico Nacional de las Radiaciones No Ionizantes de los Servicios de Telecomunicaciones [Tesis Grado de Maestro], Lima: Universidad Ricardo Palma; 2002.
- [9] Cruz V., Rodríguez E, Konja E., Espinoza I., Varela A., Juárez C. et al. Mediciones a nivel nacional de la intensidad de campo eléctrico de las radiaciones electromagnéticas no ionizantes producidas por los servicios de telecomunicaciones – Informe Final. Lima: Instituto Nacional de Investigación y Capacitación de Telecomunicaciones; 2002.
- [10] Cruz V., Mediciones y Evaluación de las Radiaciones No Ionizantes de 40 Estaciones Bases de los Servicios de Comunicaciones Móviles en la ciudad de Lima. Lima: Instituto Nacional de Investigación y Capacitación de Telecomunicaciones; 2005. [acceso 20 de marzo de 2009]. Disponible en <http://www.inictel.gob.pe/dit/radiaciones/pdf/radiaciones.pdf>
- [11] Mann S.M. et al. Exposure to Radio Waves near Mobile Phone Base Stations, NRPB-321 (2000). Disponible en: http://www.hpa.org.uk/web/HPAwebFile/HPAweb_C/1194947399556