

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA**



**“Medición de niveles de campo electromagnético producidos por los sistemas de telefonía móvil en El Salvador y su estado con respecto a normas internacionales de seguridad”**

**PRESENTADO POR**

**CARLOS ANTONIO ABREGO VALLADARES  
WILBERTH BENJAMÍN JERONIMO SÁNCHEZ**

**PARA OPTAR AL TITULO DE:  
INGENIERO ELECTRICISTA**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, FEBRERO DEL 2003**

# **UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTORA** :  
**Dra. María Isabel Rodríguez**

**SECRETARIA GENERAL** :  
**Licda. Lidia Margarita Muñoz Vela**

## **FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**

**DECANO** :  
**Ing. Alvaro Antonio Aguilar Orantes**

**SECRETARIO** :  
**Ing. Saúl Alfonso Granados**

## **ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA**

**DIRECTOR** :  
**Ing. Luis Roberto Chevez Paz**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA**

**Trabajo de Graduación previo a la opción al grado de:**  
**INGENIERO ELECTRICISTA**

**Título :**

**“Medición de niveles de campo electromagnético producidos por los sistemas de telefonía móvil en El Salvador y su estado con respecto a normas internacionales de seguridad”**

**Presentado por :**

**CARLOS ANTONIO ABREGO VALLADARES**  
**WILBERTH BENJAMÍN JERONIMO SÁNCHEZ**

**Trabajo de Graduación aprobado por:**

**Coordinador :**

**ING. WERNER MELÉNDEZ**

**Asesor :**

**ING. LUIS E. BRIZUELA**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, FEBRERO DEL 2003**

**Trabajo de Graduación Aprobado por:**

**Coordinador :**

**ING. WERNER MELÉNDEZ**

**Asesor :**

**ING. LUIS E. BRIZUELA**

## **Agradecimientos**

Primeramente agradezco a DIOS por iluminarme y haberme dado fuerzas para concluir una etapa más en mi vida, y poder seguir adelante.

A mi padre Carlos Antonio Abrego por apoyarme a cumplir mis metas y confiar siempre en mi, a él y su constante esfuerzo le debo todo lo que soy, mi formación como persona y como profesional.

A mi querida madre Margarita Antonia Valladares por su constante amor y dedicación en el desarrollo de mi vida, estar siempre conmigo, y ser en los momentos más difíciles la base en la que me he apoyado para poder seguir y no desistir en el cumplimiento de mis metas.

A mis hermanos Karla, Andrés, Daniel y Ada Luz por su apoyo y comprensión.

A mis familiares que me apoyaron y estuvieron siempre pendientes del desarrollo y finalización de este trabajo.

A mis amigos Kike, Lito y Ramón por sus constantes palabras de apoyo para no desistir y seguir siempre adelante.

A los Ingenieros Werner Melendez y Luis Brizuela por confiar en nosotros y ser los guías a lo largo de todo este proceso, por su aporte y comprensión como docentes y como amigos, sin los cuales este trabajo no se hubiese finalizado.

Al Ingeniero Jorge Alvarado por habernos encendido la luz, dando la idea central del tema de investigación que hemos desarrollado en este trabajo.

Al ingeniero Carlos Ascencio por haber mantenido encendida esa luz, estando siempre pendiente del desarrollo de este trabajo y ayudarnos a encontrar solución a cada problema, su aporte fue vital, sin él este trabajo no hubiese llegado a un feliz término.

A todos los docentes de la Escuela de Ingeniería Eléctrica que de alguna u otra forma contribuyeron a mi formación profesional. A la Sra. Lilian, al Sr. Posada y a Juan, por buscar siempre una forma de ayudarnos y apoyarnos de la mejor manera posible.

A todos mis amigos y compañeros con los que me tocó compartir momentos de alegría y de tristeza a lo largo de toda mi formación profesional.

Sinceramente: Carlos Antonio Abrego

## **Agradecimientos**

Deseo agradecer a DIOS TODO PODEROSO por haberme regalado el privilegio de ver la finalización de mi carrera.

Dedico este trabajo a la memoria de mi padre Manuel de Jesús Jerónimo, razón de mi constante lucha de superación.

A mi madre Ladan Sánchez de Jerónimo por su sabia educación, comprensión, amor y esfuerzo dedicados a mi persona, sin los cuales nunca hubiera salido adelante.

A mi queridos abuelos Maria Clotilde Sanchez y Francisco Sanchez por haber confiado siempre en mí.

A mi familia, que siempre me apoyaron a lo largo de toda mi carrera, en especial deseo agradecer a mi primo hermano Jorge Ortiz Sanchez y al señor Luis Padilla por su apoyo desinteresado en el momento en que más lo necesite.

A mi compañero Carlos Antonio, por su perseverancia, dedicación y arduo trabajo realizado en el desarrollo de este trabajo, sin el cual no hubiera salido adelante.

A mi amada esposa Heidi Carolina, por su amor, comprensión, dedicación y apoyo.

A nuestro coordinador y asesor, Ing. Werner Melendez e Ing. Luis E. Brizuela, por su excepcional trabajo más allá del deber como maestros, asesores y amigos; sin los cuales jamás hubiéramos llevado este trabajo a su feliz término.

A mis amigos y compañeros de trabajo Ing. Carlos Miguel Ascencio, Ing. Carlos Carvajal e Ing. Rene Nahum Climaco, por su apoyo, comprensión e invaluable aporte de tiempo e ideas para la realización y enriquecimiento de este trabajo.

También deseo agradecer a cada una de las personas de la escuela de Ing. Eléctrica que en algún momento contribuyeron a mi formación, en especial al Ing. Salvador German, Ing. Marvin Hernandez, Ing. Carlos Zetino, Ing. Numa Pompilio, Ing. Chevez Paz, Ing. Armando Calderón, Sr. Lilian, Sr. Posada y a todos mis amigos y compañeros de estudio con los cuales compartí cada paso de esta carrera.

A cada una de ustedes les estoy muy agradecido por haber sido parte importante de mi vida y formación.

Que DIOS los bendiga a todos.

Sinceramente: Wilberth Sanchez.

## ÍNDICE

|                                       | <b>No. Pág.</b> |
|---------------------------------------|-----------------|
| Prefacio.....                         | I               |
| Introducción.....                     | II              |
| 1.0 Ambientación.....                 | II              |
| 2.0 Motivación para este trabajo..... | II              |
| 3.0 Formulación del problema.....     | II              |
| 4.0 Método usado.....                 | III             |
| 5.0 Contribución.....                 | III             |
| 6.0 Organización de este trabajo..... | III             |

### CAPITULO I

#### PERFIL Y DESARROLLO DEL ESTUDIO

|   |    |
|---|----|
| 1.0 Ambientación.....   | 2  |
| 1.1 Antecedentes.....   | 2  |
| 1.1.1 Estudios científicos realizados.....                            | 3  |
| 1.2 Planteamiento del problema.....                                   | 4  |
| 1.2.1 Formulación del problema.....                                   | 4  |
| 1.2.2 Objetivos.....  | 4  |
| 1.2.3 Alcances.....   | 5  |
| 1.2.4 Justificación.....  | 5  |
| 1.3 Limitantes del estudio.....                                       | 6  |
| 1.3.1 Limitantes físicas.....   | 6  |
| 1.3.2 Limitantes metodológicas.....                                   | 9  |
| 1.3.3 Propuesta del método de recolección de datos.....               | 10 |
| 1.3.4 Justificación del método.....                                   | 10 |
| 1.3.5 Metodología a seguir para la obtención de la base de datos..... | 11 |
| Conclusiones Capitulo I.....  | 12 |
| Bibliografía Capitulo I.....  | 12 |

### CAPITULO II

#### TECNOLOGÍAS Y SISTEMAS DE TELEFONÍA CELULAR

|  |    |
|--|----|
| Introducción.....  | 15 |
| Objetivos generales y específicos.....                           | 15 |
| 2.0 Evolución de los sistemas de telefonía móvil en el país..... | 15 |

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| 2.1       | Historia .....  | 15 |
| 2.1.2     | Concesión de Bandas.....                                      | 17 |
| 2.1.2.1   | Derechos de propiedad del espectro.....                       | 17 |
| 2.1.2.2   | Procedimientos de subastas de concesiones.....                | 17 |
| 2.1.2.3   | Fragmentación del espectro.....                               | 18 |
| 2.1.2.4   | Duración de la concesión.....                                 | 18 |
| 2.1.3     | Distribución del espectro asignado a la telefonía móvil.....  | 19 |
| 2.1.4     | Proveedores actuales y futuros de telefonía celular.....      | 19 |
| 2.1.5     | Proyecciones de crecimiento en la telefonía celular.....      | 20 |
| 2.1.5.1   | Proyecciones de crecimiento de la red actual.....             | 20 |
| 2.1.5.2   | Proyecciones de nuevos operadores.....                        | 20 |
| 2.1.5.3   | Proyecciones de nuevos servicios.....                         | 20 |
| 2.1.6     | Estándares de sistemas de telecomunicación móvil.....         | 20 |
| 2.1.6.1   | Las generaciones de telefonía celular.....                    | 21 |
| 2.1.6.1.1 | Primera generación.....                                       | 21 |
| 2.1.6.1.2 | Segunda generación.....                                       | 21 |
| 2.1.6.1.3 | Tercera generación.....                                       | 22 |
| 2.1.6.2   | Características generales de las tecnologías utilizadas ..... | 22 |
| 2.2       | Filosofía de los sistemas móviles celular.....                | 23 |
| 2.2.1     | Principios de la telefonía móvil celular.....                 | 23 |
| 2.2.2     | Arquitectura de los primeros sistemas móviles.....            | 24 |
| 2.2.3     | Sistemas de telefonía móvil usando el concepto celular.....   | 24 |
| 2.2.4     | Handoff.....  | 25 |
| 2.3       | Componentes de un sistema celular.....                        | 25 |
| 2.3.1     | Red publica de conmutación.....                               | 26 |
| 2.3.2     | Central de conmutación móvil.....                             | 26 |
| 2.3.3     | Sistema de estación base.....                                 | 27 |
| 2.3.4     | Unidad móvil.....   | 28 |
| 2.3.5     | Sistema de operación y soporte.....                           | 28 |
| 2.4       | Descripción básica de un sistema celular en general.....      | 28 |
| 2.4.1     | Estructura de una estación base.....                          | 28 |
| 2.4.1.1   | Cuarto de sistemas.....                                       | 29 |
| 2.4.1.2   | Torres.....   | 30 |
| 2.4.1.3   | Antenas.....  | 30 |
| 2.4.1.4   | Cables de RF.....   | 30 |
| 2.4.1.5   | Antenas de microondas.....                                    | 31 |
| 2.4.1.6   | Luces de Navegación.....                                      | 32 |
| 2.4.1.7   | Sistemas de pararrayos.....                                   | 32 |
| 2.4.2     | Descripción de antenas sectoriales.....                       | 32 |
| 2.4.2.1   | Estructura de una antena sectorizada.....                     | 34 |

|  |    |
|--|----|
| 2.4.3 Equipos y marcas técnicas usadas.....                                      | 37 |
| 2.4.4 Configuración estándar de estaciones base.....                             | 38 |
| 2.4.4.1 Sistema radiante.....  | 38 |
| 2.4.4.2 sistema de adaptación al medio.....                                      | 38 |
| 2.4.4.3 Transreceptores.....   | 38 |
| 2.4.4.4 Sistemas de Interfase Externa.....                                       | 39 |
| 2.4.4.5 Sistemas de Transporte.....  | 39 |
| 2.4.4.6 Sistemas de acondicionamiento de potencia.....                           | 39 |
| 2.4.4.7 Sistemas externos de potencia.....                                       | 39 |
| 2.4.4.8 Sistema de acondicionamiento de medio ambiente.....                      | 39 |
| 2.4.4.9 Sistemas de sensores externos.....                                       | 39 |
| 2.5 Enlaces de radio microondas (RF).....  | 39 |
| 2.5.1 Estudio de línea vista.....  | 40 |
| 2.5.2 Distancia del enlace .....   | 40 |
| 2.5.2.1 Frecuencia del enlace.....   | 40 |
| 2.5.3 Capacidad del sistema.....   | 40 |
| 2.5.4 Estructura básica de un sistema de microondas.....                         | 40 |
| 2.5.4.1 Antenas.....   | 40 |
| 2.5.4.2 Parámetros de una antena.....  | 40 |
| 2.5.4.3 Ganancia.....  | 41 |
| 2.5.4.4 Ancho de banda.....  | 41 |
| 2.5.4.5 Guías de onda.....   | 41 |
| 2.5.4.6 Radios.....  | 41 |
| 2.6 Consideraciones de radiación.....  | 43 |
| 2.6.1 Campos eléctricos y magnéticos.....  | 43 |
| 2.6.2 Modelos de predicción de pérdidas de propagación.....                      | 43 |
| 2.6.2.1 Modelo de Hata-Okumura.....  | 43 |
| 2.6.2.2 Modelo de Walfisch-Ikegami.....  | 43 |
| 2.6.3 Ecuación para la predicción de campos de RF.....                           | 45 |
| 2.6.4 Propiedades de los campos electromagnéticos.....                           | 46 |
| 2.6.5 Técnicas para la automatización de los recursos Radioeléctricos.....       | 46 |
| 2.6.5.1 Asignación dinámica de canales.....                                      | 46 |
| 2.6.5.2 Controlador Automático de Ganancia ( AGC ).....                          | 47 |
| 2.6.6 Tecnologías de antenas inteligentes.....                                   | 47 |
| 2.6.6.1 Descripción general.....   | 47 |
| 2.6.6.2 Funcionamiento.....  | 47 |
| 2.6.6.3 Consideraciones para el uso de antenas inteligentes.....                 | 48 |
| 2.6.6.4 Estudios científicos y proyecciones del uso de antenas inteligentes..... | 48 |
| Conclusiones Capitulo II.....  | 48 |
| Bibliografía Capitulo II.....  | 49 |

**Capítulo III**  
**DESARROLLO DEL MÉTODO DE MEDICIÓN DE NIVELES DE**  
**POTENCIA Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

|   |    |
|---|----|
| Introducción.....   | 52 |
| Objetivos.....  | 52 |
| 3.0 Bases del estudio.....  | 52 |
| 3.1 Normas de seguridad para la exposición a campos de RF.....  | 52 |
| 3.1.1 Norma de seguridad utilizada para el estudio.....   | 53 |
| 3.1.2 Evolución del Estándar C95.7 Edición 1999.....  | 53 |
| 3.1.3 Exposición máxima permisible.....   | 54 |
| 3.1.3.1 Exposición máxima permisible en medios controlados.....   | 54 |
| 3.1.3.2 Exposición máxima permisible en medios no controlados.....  | 55 |
| 3.2 Características radioeléctricas de los Estándares utilizados en El Salvador.....                                    | 56 |
| 3.3 Descripción del método de estudio.....  | 56 |
| 3.3.1 Etapas de desarrollo del estudio.....   | 56 |
| 3.3.1.1 Etapa de validación del método de recolección de datos.....   | 57 |
| 3.3.1.1.1 Limitantes del proceso de medición.....   | 57 |
| 3.3.1.1.2 Validación técnica del método.....  | 58 |
| 3.3.1.2 Etapa de recolección de datos.....  | 58 |
| 3.3.1.2.1 Limitantes del proceso de recolección.....  | 59 |
| 3.3.1.3 Etapa de ubicación de los puntos de medición.....   | 59 |
| 3.3.1.4 Representaciones graficas y su análisis.....  | 60 |
| 3.3.1.5 Etapa de interpretación y análisis de resultados.....   | 61 |
| 3.3.2 Comparación de los niveles de densidad de potencia medidos, con los valores de exposición máximos permitidos..... | 66 |
| 3.4 Conclusiones Capítulo III.....  | 66 |
| 3.5 Observaciones Capítulo III.....   | 67 |
| 3.6 Bibliografía Capítulo III.....  | 67 |
| Conclusiones generales.....   | 68 |
| ANEXOS.....   | 69 |

**ANEXOS**

|   |    |
|---|----|
| Tablas de mediciones de campo de la zona metropolitana.....                         | 1  |
| Conversión del número de canales a canales de frecuencia.....                       | 12 |
| Representación gráfica y cálculos de densidad de potencia (Zonas de San Salvador).. | 15 |
| Mapa radioeléctrico de los niveles de densidad de potencia medidos.....             | 63 |
| Estaciones base de telefonía celular.....   | 74 |
| Características técnicas de unidades móviles usadas.....                            | 83 |

## **LISTA DE TABLAS**

TABLA 1 Nivel de Densidad de Potencia en escuelas Canadienses cercanas a estaciones base de telefonía móvil.

TABLA 2 Número de estaciones base de telefonía móvil en El Salvador

TABLA 3 Extensión territorial y población de El Salvador

TABLA 4 Cantidad de líneas por operador

TABLA 5 Estándares de telefonía celular y su evolución

TABLA 6 Proveedores de equipos y tecnología para sistemas móviles

TABLA 7 Exposición Máxima Permisible para medios controlados

TABLA 8 Densidad de potencia máxima permisible en medios controlados

TABLA 9 Exposición Máxima Permisible para medios no controlados

TABLA 10 Densidad de potencia máxima permisible en medios no controlados

TABLA 11 Características radioeléctricas

TABLA 12 Comparación de niveles de densidad de potencia

TABLA 13 Telemóvil

TABLA 14 Telefónica

TABLA 15 Digicel

TABLA 16 Comparación de niveles obtenidos vrs. Máximos permitidos.

## **LISTA DE FIGURAS**

- FIGURA 1 Niveles de radiación en radiofrecuencias cerca de estaciones base de Telefonía móvil en el Reino Unido.
- FIGURA 2 Distribución del mercado celular
- FIGURA 3 Distribución espectral de los operadores en estudio
- FIGURA 4 Estructura básica de una red celular.
- FIGURA 5 Sistemas de telefonía móvil usando la arquitectura celular
- FIGURA 6 Componentes del sistema celular
- FIGURA 7 Infraestructura y componentes exteriores básicos de una estación base.
- FIGURA 8 Torre característica de un sistema celular
- FIGURA 9 Arreglo de cables de RF
- FIGURA 10 Antenas de enlace de microondas
- FIGURA 11 Esquema de radio propagación entre el MS y la estación base
- FIGURA 12 Proceso de diversidad de recepción.
- FIGURA 13 Arreglos estándar para antenas sectorizadas con redundancia en recepción y figura comparativa.
- FIGURA 14 Antena Direccional y patrones de radiación típicos.
- FIGURA 15 Arreglo interno de dipolos para una antena sectorizada con diseño de polarización cruzada.
- FIGURA 16 Hoja de especificaciones técnicas para el modelo 739 622 de la marca Kathrein.
- FIGURA 17 Hoja de especificaciones técnicas para la serie de antenas Performax de la marca Andrew.
- FIGURA 18 Diagrama en bloques de la configuración estándar de una estación Base
- FIGURA 19 Guía de onda ovalada.
- FIGURA 20 Modelo de propagación Walfisch-Ikegami
- FIGURA 21 Mapa de zona Escalón – San Benito.

“Medición de niveles de campo electromagnético  
producidos por los sistemas de telefonía móvil en El  
Salvador y su estado con respecto a normas  
internacionales de seguridad”

## **Prefacio**

La telefonía celular desde sus inicios a marcado un ritmo acelerado de expansión y crecimiento, debido a su amplia aceptación social, facilitando la realización de las diversas tareas cotidianas del estilo moderno de vida actual. Sin embargo el continuo crecimiento de las redes celulares ha traído consigo nuevos problemas en materia de seguridad generada por la exposición continua de radiación de radio frecuencia de alta energía a la que es expuesta continuamente la población en general. A lo largo de todo el mundo se han desarrollado estudios científicos para determinar si existen efectos y sus posibles repercusiones en el ser humano tanto a mediano como alargo plazo.

Los organismos encargados de velar por la seguridad en materia de la exposición de radio frecuencias, se han visto en la necesidad de modernizar y actualizar las normas que regulan los niveles máximos permisibles de radiación electromagnética, acorde a las nuevas tendencias de la tecnología actual de comunicaciones.

En El Salvador al igual que en otros países, los sistemas de telefonía celular han marcado un ritmo acelerado de crecimiento, reproduciendo como en otros países, las condiciones de alta concentración de estaciones base de telefonía celular en los núcleos poblacionales importantes, dando como resultados las mismas preocupaciones a cerca de los niveles de exposición a los cuales somos continuamente expuestos.

En nuestro medio hasta el momento no se tiene conocimiento de estudios anteriores respecto a la mediciones de los niveles de intensidad de campo proveniente de las estaciones base, situación que se vuelve a un mas grave debido a la carencia de un organismo gubernamental que supervise y regule a los operadores de telefonía local. Estudios de esta naturaleza son necesarios para dar un diagnostico del estado actual respecto a las normas internacionales de seguridad y para el desarrollo y creación de normas y leyes que garanticen el bienestar y seguridad de la población en general.

# **Introducción**

## **1.0 Ambientación**

Pocos desarrollos técnicos en la historia de las telecomunicaciones han tenido una aceptación social tan rápida y extensa como la telefonía móvil. El simple hecho de que en un país territorialmente pequeño como el nuestro existan cuatro operadores de telefonía móvil prestando servicio confirman estas aseveraciones.

A nivel mundial, principalmente en Estados Unidos y Europa, desde hace muchos años atrás la población en general comenzó a tener conciencia acerca de las posibles repercusiones en la salud debido a la radiación de radio frecuencia a los que están expuestos continuamente por las estaciones bases. Cada vez mas las personas obligan a los operadores móviles a ubicar sus estaciones bases cada vez mas lejos de las edificaciones y lugares de residencia, enfrascándose a veces en feroces demandas publicas contra las operadoras.

En contraste con lo que se percibe en nuestro país con respecto a este problema, la población en general posee poca o ningún grado de sensibilización respecto a los riesgos sobre la salud y el medio ambiente por parte de las innovaciones científico-técnicas desarrolladas en esta área.

Uno de los factores principales que a permitido la poca o casi nula concientización de la población es la falta de información acerca de la naturaleza del problema, del conocimiento acerca de los sistemas celulares y de las normas de regulación.

## **2.0 Motivación para este trabajo**

En nuestro país hasta el momento no se tiene conocimiento de estudios de campo realizados en esta materia, es mas, en El Salvador no se cuenta con un ente o institución gubernamental o privada la cual este encargada de organizar y realizar estudios de esta naturaleza y que además sirva de regulador ante las operadoras e informe a la población acerca del estado actual respecto a los niveles máximos permisibles lo cual permitiría una mayor concientización y por tanto mayor vigilancia de los niveles permisibles, con el fin de garantizar la salud de la población en general.

## **3.0 Formulación del problema**

Los niveles de exposición de radiofrecuencia, producto de los campos electromagnéticos generados por las estaciones base de telefonía móvil, deberán cumplir con los niveles máximos permisibles que establecen los estándares internacionales de seguridad para exposición humana.

#### **4.0 Método usado**

El método de estudio se basa en la recolección de muestras de mediciones de potencia en el área metropolitana de San Salvador, en la cual están distribuidas un buen número de estaciones base de los tres operadores de telefonía celular en estudio. Dicha medición se realiza utilizando teléfonos celulares programados en el modo de ingeniería, utilizando un teléfono por operador y un equipo de posicionamiento global para medir las coordenadas cartográficas de cada punto. Esto no sin antes haber justificado el utilizar dichos celulares para realizar las mediciones, lo cual se llevo a cabo haciendo pruebas conjuntamente con los celulares y con un analizador de espectro de banda angosta en diferentes puntos de la zona metropolitana de San Salvador para comparar los valores de potencia medidos, y así dependiendo de los resultados validar el hecho de hacer las mediciones de potencia con los teléfonos celulares en la etapa de recolección de datos.

Para el desarrollo más eficiente del método de estudio, a continuación se presentan las diferentes etapas en las que se lleva a cabo.

- Etapa de validación del método de recolección de datos.
- Etapa de recolección de datos.
- Etapa de ubicación de las mediciones y estaciones base en un mapa cartográfico.
- Etapa de interpretación y análisis de resultados.
- Conclusiones.

#### **5.0 Contribución**

Con el presente trabajo se espera fijar un precedente real del estado de los valores de densidad de potencia de exposición humana en El Salvador respecto a las normas internacionales de seguridad , así como también desarrollar un méto de medición de densidad de potencia práctico y económico acorde a los recursos disponibles el cual pueda servir como base para la ejecución de futuros trabajos relacionados con el tema.

#### **6.0 Organización de este trabajo**

El trabajo se dividirá en tres capítulos, mas anexos con información relativa al tema. El capitulo I encontraremos lo que es un perfil generalizado del estudio así como la forma en que se va ha desarrollar dicho estudio, En el capitulo II encontraremos lo que son los conceptos básicos de telefonía móvil, las diferentes tecnologías utilizadas en El Salvador por los operadores en estudio y también se presentan los diferentes modelos de predicción de pérdidas de propagación, para finalizar con en capitulo III en el cual se presenta la parte del método de estudio desarrollado para los cálculos de densidad de potencia en los diferentes puntos y el análisis e interpretación de los resultados.

**CAPITULO I**  
**“Perfil y desarrollo del estudio”**

## **1.0 AMBIENTACION**

En El Salvador, como en muchos países del mundo, una de las innovaciones técnicas más relevantes para el desarrollo de la sociedad de la información y la popularización de los servicios de telecomunicación han sido las tecnologías de acceso inalámbricas. Estas tecnologías han permitido la difusión a bajo costo de contenidos audiovisuales (Radio / TV terrenal y por satélite), el despliegue rápido y económico de redes de acceso fijo (redes punto a punto y punto-multipunto), así como la extensión en los últimos años de las ventajas de las comunicaciones móviles (telefonía móvil digital). Cuando se despliegue las próximas tecnologías de telefonía móvil (GSM / GPRS, UMTS) la comunicación personal (conectividad voz / datos en cualquier momento y lugar) será una realidad.

Como se puede ver, pocos desarrollos técnicos en la historia de las telecomunicaciones han tenido una aceptación social tan rápida y extensa como la telefonía móvil. El teléfono móvil se ha convertido en parte indispensable de los negocios, comercio y la ciudadanía en general durante la última década. El simple hecho de que en un país territorialmente pequeño como el nuestro existan cuatro operadores de telefonía móvil prestando servicio confirman estas aseveraciones.

Como dato curioso en nuestro país no se percibe ningún tipo de preocupación por parte de la ciudadanía ó entidades protectoras del medio ambiente en general, a la constante exposición humana a campos electromagnéticos producidos por las estaciones base utilizadas en comunicaciones móviles.

En contraste con lo que se percibe en nuestro país con respecto a este problema, en países desarrollados cada día se hace más evidente que la opinión pública se muestran más sensibilizada respecto a los riesgos sobre la salud y el medio ambiente por parte de las innovaciones científico-técnicas desarrolladas en esta área.

### **1.1 Antecedentes**

Por lo visto, en El Salvador no existen precedentes de estudios anteriores relacionados con la medición de los niveles de RF emitidos por las estaciones base de los diferentes operadores de telefonía celular, por lo que el desarrollo del estudio se basará en las experiencias obtenidas en otros países y la postura que cada uno ha tomado con respecto a los resultados obtenidos.

Muchos son los estudios que se han realizado para descartar posibles efectos perjudiciales en la salud por las emisiones producidas por las estaciones base de telefonía móvil y sus terminales de usuario, tales como los promovidos por la Organización Mundial de la Salud ó los grupos organizados por los Gobiernos Británicos, Canadiense y Francés (informes que son recopilación de los estudios realizados por los biólogos, médicos, físicos, etc.).

Todos ellos han arrojado conclusiones similares: Aunque ninguno de los estudios realizados sobre emisiones radioeléctricas ocasionadas por los sistemas de telefonía móvil ha demostrado efecto perjudicial alguno en la salud humana, el hecho de que algunos estudios hayan encontrado indicios de posibles efectos biológicos hace patente la necesidad de proseguir con las investigaciones.

La comunidad científica, tanto de Estados Unidos como Internacional, esta de acuerdo con que la potencia generada por las antenas de estaciones base de telefonía

móvil es demasiado baja para producir riesgos para la salud, siempre y cuando las personas tomen las medidas de seguridad necesarias y se mantengan alejadas del contacto directo con estas antenas.

### 1.1.1 Estudios científicos realizados

A continuación se muestran algunos estudios relacionados con la medición de niveles de densidad de potencia y su relación con los niveles máximos de exposición permitidos por el estándar mencionado anteriormente.

- ◆ En 1992 Peterson hizo mediciones de densidad de potencia alrededor de estaciones base de telefonía móvil. Las mediciones se realizaron en antenas de 1.6 W de PRE (Potencia Radiada Efectiva[ 1 ] ) , instaladas en torres de entre 40 y 83 metros de altura. La máxima densidad de potencia a nivel del suelo fue de **0.002 mW / cm<sup>2</sup>** y estaba a una distancia de entre 20 y 80 metros de la base de las torres. A menos de 100 metros de la base de las torres la medición estaba por debajo de los **0.001 mW / cm<sup>2</sup>**. Estos valores encontrados están todos por debajo del 1% de los valores de la norma ANSI / IEEE, NCRP e ICNIRP para exposición del público[ 1 ].
- ◆ En 1990 en Vancouver, Canadá, Thansandote midió los niveles de densidad de potencia en cinco escuelas, tres de las cuales tenían estaciones base en su interior o en lugares cercanos. Todas las estaciones cumplían con un gran margen la normativa Canadiense, Estadounidense e internacional sobre radiofrecuencia. Las lecturas máximas que obtuvieron se muestran en la siguiente tabla.

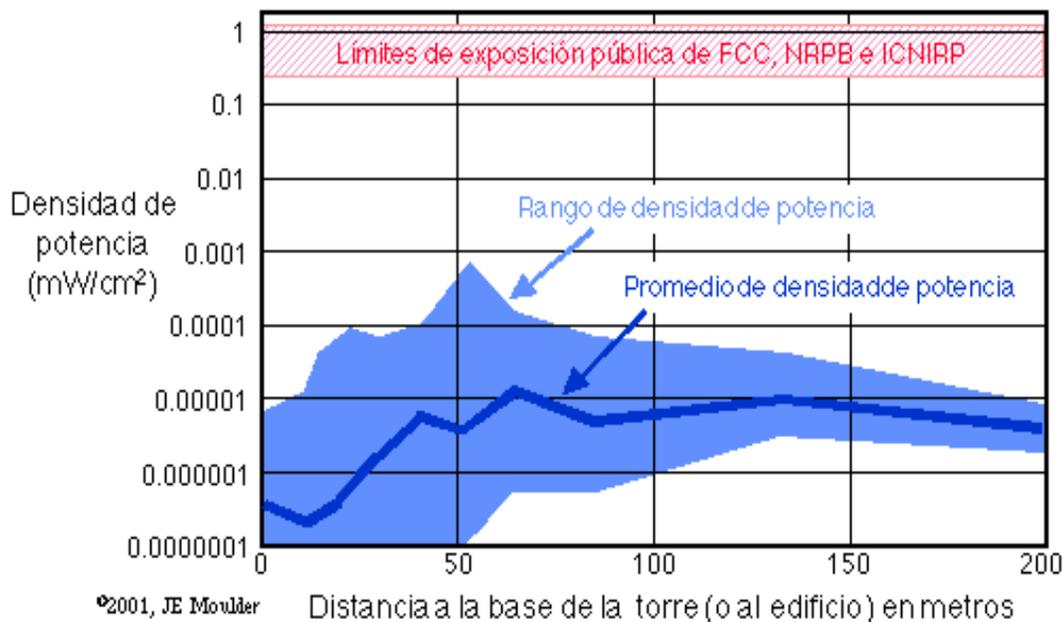
**TABLA 1 Nivel de Densidad de Potencia en escuelas Canadienses cercanas a estaciones base de telefonía móvil**

| Escuela | Localización de Estación Base        | Nivel Máximo de RF [mW/cm <sup>2</sup> ] |
|---------|--------------------------------------|--|
| 1       | En la calle de enfrente a la escuela | 0.00016                                  |
| 2       | En el techo de la escuela            | 0.00260                                  |
| 3       | Esquina opuesta a la escuela         | 0.00022                                  |
| 4 y 5   | No hay antenas cerca                 | Menor a 0.00001                          |
|         | <b>NORMA CANADIENSE</b>              | Máximo 0.570                             |

Como se puede ver en la tabla anterior, los niveles de densidad de potencia medidos en las escuelas están muy por debajo del máximo permisible por la norma canadiense[ 2 ].

- ◆ En el 2000, el Consejo Nacional de Protección Radiológica ( National Radiation Protection Board, NRPB ) del Reino Unido midió los niveles de radiación de radiofrecuencias en 118 localizaciones accesibles alrededor de 17 estaciones base de telefonía celular. El valor máximo de exposición de las 118 localizaciones fue de **0.00083 mW / cm<sup>2</sup>** (en un campo de juego a 60 metros de un edificio escolar con una antena en el tejado). Las densidades de potencia típicas fueron menores de **0.001 mW/ cm<sup>2</sup>** (por debajo del 0.01% de la guía de ICNIRP para la exposición máxima permisible al público). Las densidades de potencia en los interiores de los inmuebles

estaban muy por debajo de los niveles del exterior [ 3 ]. Los detalles anteriores se pueden ver en la siguiente figura.



**Figura 1 Niveles de radiación en radiofrecuencias cerca de estaciones base de telefonía móvil en el Reino Unido**

## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.2.1 Formulación del problema

Los niveles de exposición de radiofrecuencia, producto de los campos electromagnéticos generados por las estaciones base de telefonía móvil, deberán cumplir con los niveles máximos permisibles que establecen los estándares internacionales de seguridad para exposición humana.

### 1.2.2 Objetivos

- **General**
  - ◆ Elaborar un mapa radioeléctrico del gran San Salvador que contenga los niveles de radiación electromagnética de fuentes fijas operando en la banda de 800MHz y 900 MHz.
- **Específicos**
  - ◆ Establecer el grado de cumplimientos en nuestro país, de la normativa internacional relacionada con niveles permitidos de exposición humana a campos electromagnéticos de radiofrecuencia.

- ◆ Establecer mediante la bibliografía adecuada, los riesgos potenciales debido a la exposición prolongada a campos electromagnéticos de RF en seres humanos.
- ◆ Recopilar un banco de datos relacionado con el tema bajo estudio que sirva como fuente de consulta para entidades independientes relacionadas con el área en estudio.

### **1.2.2 Alcances**

En El Salvador las diferentes empresas de telefonía celular que prestan dicho servicio, operan en las bandas de frecuencia de 800MHz, 900MHz y 1800MHz. Telemóvil , Telefónica y DIGICEL operan en la banda de 800MHz y 900MHz (su distribución se presenta en el capítulo II ) y Telecom opera en la banda de 1800MHz.

El enfoque de este estudio estará centrado a las mediciones de campo electromagnético emitidos por los sistemas de telefonía celular en la banda de los 800 Mhz y 900 MHz, que es la banda de frecuencia que agrupa a tres de estos operadores en la zona metropolitana de San Salvador, dando mayor énfasis a las zonas urbanas con mayor densidad de población.

El estudio no se extenderá hasta la banda de frecuencia de 1800 MHz, tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- ◆ La banda de frecuencia en el rango de los 1800 MHz no se encuentra tan congestionada ( operador Telecom ), por lo que los problemas de interferencia de las señales a esta frecuencia son mínimos, dando como resultado que los transceptores de sus estaciones base operen a niveles más bajos de potencia en una determinada área de cobertura, disminuyendo los niveles de radiación de campos electromagnéticos de RF a este nivel de frecuencia.
- ◆ La empresa Telecom ya inició el cambio de sus sistemas de telefonía celular analógicos por tecnología digital( GSM ) para prestar un mejor servicio a sus usuarios, lo cual también reduce los niveles de radiación de potencia electromagnética, tanto la generada en las estaciones base, como la producida por los teléfonos móviles, por lo que los riesgos de salud se reducen considerablemente.
- ◆ El gasto económico para los responsables de llevar a cabo el presente estudio se elevaría considerablemente, por el hecho de tener que invertir más dinero en la compra del equipo necesario para tomar las mediciones de Densidad de Potencia en esta banda de frecuencia.

Al finalizar con este trabajo se deberá de contar con una recopilación bibliografía actualizada que servirá como base para analizar los datos obtenidos mediante las mediciones de campo directas. Dichas mediciones deberán cumplir con lo establecido por las normas internacionales de seguridad de la IEEE.

### **1.2.3 Justificación**

El crecimiento acelerado de la telefonía móvil en los últimos años ha provocado la instalación de un gran número de torres transmisoras cerca de zonas residenciales, con el consiguiente temor de algunas personas a los efectos que se puedan tener como resultado de los campos electromagnéticos que producen dichas torres. Tal preocupación no es

nueva, ni exclusiva de nuestro país; ya que, en el ámbito internacional, se cuentan con estudios preliminares que establecen ciertas normas que deben cumplir los operadores celulares, por tal razón, se pretende con este trabajo establecer el grado de exposición al cual están siendo sometidas las áreas urbanas de la capital de tal forma que se pueda establecer un criterio independiente de evaluación.

### **1.3 LIMITANTES DEL ESTUDIO**

En un sistema de telefonía celular las estaciones base así como los teléfonos móviles son radios bidireccionales que producen radiación de campos electromagnéticos, los cuales pueden ser dañinos para la salud humana, según el nivel de exposición [ 4 ].

Este estudio se limitará a la medición y análisis de los campos electromagnéticos de RF transmitidos por las antenas sectoriales, tomando en cuenta que la exposición producida por las estaciones base es más generalizada, pues esta afecta a la población constantemente sean ó no estos usuarios del servicio. A parte de que en nuestro país no se tiene conocimiento de que instituciones gubernamentales ó privadas estén pendientes de la regulación de los niveles de emisión de potencia de las estaciones base de telefonía celular.

Por otro lado las emisiones de RF generadas por los teléfonos móviles, afectan directamente al usuario y su duración depende del tiempo de la llamada. Además por ser estos equipos de uso terminal, su diseño esta enfocado para cumplir con las diferentes normas de seguridad internacional que garanticen que su funcionamiento, independiente de la tecnología bajo la cual estos operen en el mercado, no ponga en riesgo la salud de las personas que los utilizan, es decir que no deben sobrepasar los límites máximos de exposición recomendados por las normas internacionales de seguridad. Por lo que constantemente diferentes grupos de la industria e investigación tecnológica tales como Wireless Technology Research ( WTR ) y Motorola Inc. por mencionar algunos, promueven programas de investigación con el fin de establecer si existe algun riesgo de salud para los usuarios de estos dispositivos [ 5 ].

#### **1.3.1 Limitantes Físicas**

La distribución poblacional de nuestro país presenta un gran desbalance de densidad poblacional, este fenómeno se observa desde hace varios años a nivel mundial, motivado principalmente por los cambios en la globalización de la economía, y debido también a otros factores de origen social y económico.

En nuestro país este fenómeno se ve reforzado por los cambios socio-económicos de las últimas décadas, dando como resultado la migración de una buena parte de la población de las zonas agrícolas, debido a la caída económica de este rubro, obligando en la mayoría de los casos a buscar nuevas fuentes de trabajo, trayendo consigo la migración masiva a las ciudades, haciendo aún mas graves los problemas de concentración poblacional en estas.

Esta concentración poblacional, con características económicas potencialmente adquisitivas, hace a las grandes ciudades un mercado muy atractivo a los inversionistas para la inserción de sus productos, esta regla se aplica aún para el mercado celular donde la concentración de suscriptores es mayor y crece día con día en los núcleos

metropolitanos. Esta constante y creciente demanda por los servicios móviles obliga a las operadoras celulares a una constante expansión de sus sistemas de red celular para proporcionar una mayor capacidad de manejo de tráfico y cobertura a los suscriptores móviles. Este continuo crecimiento de las redes celulares facilita la multiplicación rápida del número de estaciones bases especialmente dentro de las ciudades, trayendo consigo más congestión al espectro electromagnético metropolitano, y situando cada vez mas cerca las fuentes de radiación electromagnéticas de los centros de trabajo, centros educativos, hospitales y hogares salvadoreños.

A diferencia de las zonas no metropolitanas ó fuera de la ciudad, la instalación y concentración de las estaciones bases es mas discreta, y donde las características de cobertura y densidad de suscriptores permite la instalación de radio bases en sitios menos frecuentados por personas, aislados de las comunidades y con mayores márgenes de áreas de seguridad.

Este estudio se desarrolla tomando en cuenta los factores que se han considerado de mayor prioridad para la elección de la zona de estudio:

- ◆ Número de estaciones bases por zona
- ◆ Densidad poblacional en la zona
- ◆ Extensión territorial de la zona.

Cabe mencionar que la siguiente información se ha obtenido de documentación recabada de los tres operadores de telefonía celular que operan en El Salvador, los cuales muestran el número de identificación del sitio, dirección, coordenadas cartográficas y nombre de la estación base, de los cuales se han tomado los datos del número de estaciones base que se presentan en la **tabla 2** y su ubicación cartográfica, los cuales se han utilizado para la ubicación de los puntos de medición y las estaciones base en el mapa para la parte del análisis de resultados( Capítulo III ). Dicha documentación se presenta en la parte de anexos.

Tomando en cuenta el número de estaciones base, en la siguiente tabla se muestra la distribución de radio bases para las tres operadoras celulares en la banda de los 800 MHz y 900 MHz, que actualmente compiten en nuestro país.

**TABLA 2 Número de estaciones base de telefonía móvil en El Salvador**

| Operador     | Número de Radio Bases |                          | Total<br>Número de<br>Radio Bases | Distribución de Radio Bases |                              |
|--------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
|              | Zona<br>Metropolitana | Zona no<br>Metropolitana |                                   | [%] Zona<br>Metropolitana   | [%] Zona no<br>Metropolitana |
| Digicel      | 35                    | 43                       | 78                                | 44.87                       | 55.13                        |
| Telefónica   | 44                    | 90                       | 134                               | 32.83                       | 67.17                        |
| Telemóvil    | 37                    | 83                       | 120                               | 30.83                       | 69.17                        |
| <b>Total</b> | <b>116</b>            | <b>216</b>               | <b>332</b>                        | <b>34.93</b>                | <b>65.07</b>                 |

De la tabla anterior podemos observar que el **35%** de las radio bases se concentran en el área urbana de San Salvador, considerando el hecho de que en esta zona, el mayor número de radio bases están distribuidas en el interior de las ciudades se puede considerar aceptable el porcentaje obtenido para delimitar el área de desarrollo del estudio; sin embargo, para obtener un criterio más preciso del factor de concentración de radio bases en las zonas urbanas, también se comparan con la densidad poblacional y extensión territorial de cada zona.

Lo que se pretende es obtener una relación directa entre lo que es el número de habitantes por departamento, con la extensión territorial de cada departamento, relación que da como resultado el parámetro de Densidad Poblacional el cual nos da el número de habitantes por Kilometro cuadrado en cada departamento.

Los datos que se muestran en la **tabla 3** es información obtenida en el Centro Nacional de Registros ( CNR ) [ 6 ].

**TABLA 3 Extensión territorial y población de El Salvador**

| <b>Departamento</b> | <b>Extensión Territorial [Km<sup>2</sup>]</b> | <b>[%] del Territorio Nacional</b> | <b>Población Total</b> | <b>Densidad Poblacional Habitantes /[Km<sup>2</sup>]</b> | <b>Densidad Poblacional [%]</b> |
|---------------------|---|------------------------------------|------------------------|--|---------------------------------|
| San Salvador        | 886.15  | 4.21                               | 1831532.00             | 2067.00  | 43.38                           |
| La Libertad         | 1652.80                                       | 7.86                               | 622509.00              | 377.00   | 7.91                            |
| Sosonate            | 1225.77                                       | 5.83                               | 419019.00              | 242.00   | 7.18                            |
| Cuscatlan           | 756.19  | 3.59                               | 196413.00              | 260.00   | 5.46                            |
| Santa Ana           | 2023.17                                       | 9.62                               | 522139.00              | 258.00   | 5.41                            |
| Ahuachapan          | 1239.60                                       | 5.89                               | 300938.00              | 243.00   | 5.10                            |
| La Paz              | 1223.60                                       | 5.82                               | 278465.00              | 228.00   | 4.78                            |
| San Miguel          | 2077.10                                       | 9.87                               | 455270.00              | 219.00   | 4.60                            |
| Usulután            | 2130.40                                       | 10.13                              | 333077.00              | 156.00   | 3.27                            |
| Cabañas             | 1103.51                                       | 5.24                               | 150173.00              | 136.00   | 2.85                            |
| La Unión            | 2074.34                                       | 9.86                               | 280298.00              | 135.00   | 2.83                            |
| San Vicente         | 1184.00                                       | 5.63                               | 155265.00              | 131.00   | 2.75                            |
| Morazan             | 1447.43                                       | 6.88                               | 170861.00              | 118.00   | 2.48                            |
| Chalatenango        | 2016.58                                       | 9.58                               | 192601.00              | 95.00  | 1.99                            |
| <b>TOTAL</b>        | <b>21040.64</b>                               | <b>100.00</b>                      | <b>5908560.00</b>      | <b>4765.00</b>   | <b>100.00</b>                   |

Como se presenta en la tabla anterior, podemos ver fácilmente que la mayor densidad poblacional se concentra en el departamento de San Salvador (2067 Habitantes / Km<sup>2</sup>)

que comparado con los otros departamentos es bastante mayor, habitando sobre una extensión de **886.15** Km<sup>2</sup>, equivalente al **4.21%** del total del territorio nacional.

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores podemos concluir que; para realizar un estudio objetivo, efectivo y estadísticamente representativo de las condiciones más severas, se optara por realizar este estudio con la zona metropolitana de San Salvador como el campo de prueba para la recolección estadística de las muestras sobre las cuales se realizará el estudio en cuestión.

### **1.3.2 Limitantes metodológicas**

Se pensó desde un principio realizar la parte de recolección de datos (tomar mediciones) haciendo uso de un equipo analizador de espectro, por ser el instrumento más conocido para llevar acabo la tarea de medir densidad de potencia, haciendo un barrido de frecuencia en un ancho de banda determinado, pero antes de tomar esta decisión se debe tomar en cuenta los parámetros necesarios para configurar el equipo y las características técnicas de este al momento de tomar las mediciones [ 7 ]. Entre las cuales se enlistan las siguientes limitantes.

- ◆ El plan de rehúso de frecuencias para cada operador no es información del dominio publico [ 8 ], lo cual imposibilita establecer exactamente las bandas de frecuencias sobre las cuales se realizará el barrido de frecuencia con el equipo analizador de espectros.
- ◆ Debido a que el analizador de espectros barre una banda angosta del espectro de interés y tomando en cuenta el plan de rehúso de frecuencias entre celdas adyacentes, metodológicamente sería impractico la medición de la potencia de todos los canales adyacentes para todas las muestras tomadas, lo que haría lento el proceso de cuantificación y análisis de los datos recopilados.
- ◆ Tomando en cuenta que algunas tecnologías como la GSM y la CDMA los transceptores no operan a su máxima potencia todo el tiempo; si no, en función de las necesidades de los móviles, dependiendo de la distancia entre estos y la radio base, así la potencia de transmisión es ajustada continuamente en los transreceptores, información que es transmitida a través del canal del control desde los móviles, los cuales retroalimentan esta información hacia la radio base, la cual responde con un aumento o disminución de la potencia, para mantener optimo el consumo de energía. Por lo tanto, realizar las mediciones con el equipo de análisis del espectro mediante antenas receptoras no es útil en este caso; ya que, en ninguna forma se garantiza que se estarán registrando las lecturas de potencia máximas, dado que una antena de recepción de prueba en ningún momento puede interactuar con la radio base directamente.
- ◆ La dificultad de establecer mediciones precisas con el analizador de espectro debido a la interferencia de otras operadoras, así como la originada por otras fuentes de radiación electromagnética que operan en las bandas de los 800 MHz y 900 MHz, como radios de banda civil, teléfonos inalámbricos, servicios de datos inalámbrico, etc., entre otros servicios los cuales saturan el espectro radioeléctrico de la zona metropolitana.

### **1.3.3 Propuesta del método de recolección de datos**

Para superar las limitantes listadas anteriormente la recolección de muestras se hará con teléfonos móviles configurados en el modo de ingeniería, esta información será tabulada y adecuada para ser comparada con la de las normativas internacionales. Las características de hardware serán dadas en los anexos. Sin embargo, para establecer la exactitud y los márgenes de error de las mediciones con los móviles, se efectuara previamente una comparación de datos con las lecturas obtenidas con el analizador de espectro, en un muestreo aleatorio y de prueba. Una vez evaluada la exactitud del método y establecidos los márgenes de error, se procederá a la recolección de datos en las diferentes áreas de la zona metropolitana.

Para garantizar muestras uniformes e imparcialidad respecto a las operadoras, las mediciones en un punto específico se realizaran simultáneamente con móviles de las tres operadoras en la bandas de 800 MHz y 900 MHz. Cada punto donde se tome una muestra será referenciado por sus coordenadas cartográficas, las cuales serán obtenidas con equipo de posicionamiento global (GPS) las cuales serán tomadas simultáneamente a las mediciones de la Densidad de Potencia.

Establecida toda la información se procede a la presentación de esta mediante tres formas:

- ◆ En forma tabulada, mediante tablas para facilitar su análisis comparativo respecto a las recomendaciones internacionales en los estándares.
- ◆ En forma estadística, mediante gráficos para facilitar su interpretación visual.
- ◆ En forma cartográfica, mediante la elaboración de un mapa de puntos de intensidades de campo para establecer las posibles zonas donde se estén violando los niveles máximos permitidos de Densidad de Potencia.

### **1.3.4 Justificación del método**

A continuación se listan las principales ventajas de realizar las mediciones de campo con el método propuesto:

- ◆ Un móvil continuamente monitorea la potencia de los canales disponibles en una zona determinada, y censa cual de todos presenta la máxima potencia de recepción para enlazarse al momento de establecer una llamada, esta propiedad de los móviles hace posible que un móvil siempre seleccione el canal con la mejor disponibilidad en términos de la densidad de potencia recibida y nos garantiza para propósitos de nuestro estudio el estar sensando siempre el canal con la máxima densidad de potencia.
- ◆ Dada la propiedad de un móvil de interactuar con la radio base a través del canal de control, el sistema informa al móvil acerca del plan de rehúso de frecuencias para un punto específico dentro de la zona de cobertura, lo que para nuestros propósitos elimina la necesidad de conocer la gama de frecuencia disponibles para una operadora en particular en un punto específico, información que sería requerida de hacer las mediciones con un analizador de espectros.
- ◆ Un móvil es calibrado, ajustado y proveído por su fabricante con una serie de filtros para una banda de frecuencias específicas. Para los propósitos de este estudio, esta cualidad de los móviles limita automáticamente el margen de error al realizar lecturas de las muestras de Densidad de Potencia para la banda específica del operador.

### 1.3.5 Metodología a seguir para la obtención de la base de datos

Para interés de este estudio definiremos los conceptos de muestreo estadístico que serán empleados para la obtención de la base de datos [ 9 ].

**Universo :** Conjunto completo de individuos, objetos, medidas o fenómenos que poseen al menos una característica o cualidad en común, observable o cuantificable. Para este estudio el universo estará definido por todas las zonas del departamento de San Salvador con presencia de cobertura de al menos una operadora celular en la banda de 800 MHz y 900 MHz.

**Muestra:** Actualmente ha quedado en desuso analizar todos los elementos del universo bajo estudio, eso debido a que el recurso de la toma de muestras ofrece mayores ventajas que un senso completo del fenómeno bajo estudio. Una muestra es una fiel reproducción del universo que posee todas las características de este, pero que además posee una más fácil manejabilidad de la información y que además reduce el tiempo y esfuerzo para la recolección y procesamiento de los datos.

Para nuestro caso el tamaño de la muestra será estimada mediante la siguiente fórmula estadística, la cual es empleada cuando el universo posee características no finitas.

$$N = \frac{Z^2 * P * Q}{E^2}$$

Donde:

N: número de muestras

Z: nivel de confianza para los resultados ( normalizada)

E: precisión de los resultados

P: probabilidad de éxito de que el evento ocurra

Q: probabilidad de fracaso que el evento ocurra.

Tomando un coeficiente de confianza (Z) del 95% (1.96 para la curva normalizada de confianza), un error (E) del 3.5% , una probabilidad de éxito (P) del 85% y una probabilidad de fracaso (Q) del 15%, evaluando tenemos:

$$N = \frac{1.96^2 * 0.85 * 0.15}{0.035^2}$$

$$N = 400$$

Que para nuestro caso será el número de sitios mínimos en los que se tomarán mediciones en el proceso de recolección de datos durante el desarrollo del estudio.

## 1.4 Conclusiones Capitulo I

- ◆ Debido a que actualmente en nuestro país no se tiene conocimiento de la existencia de estudios anteriores acerca de los niveles de radiación electromagnética radiada por las antenas de telefonía móvil, con este trabajo de investigación se sentarán precedentes necesarios para futuros estudios que se realicen en esta área, aportando la información necesaria para la creación de una base de datos que sirva de referencia .
- ◆ En el presente trabajo se propone un método de medición de campo más accesible tanto económica como técnicamente, ahorrando así tiempo y costos en equipos de medición, facilitando la recopilación de datos en las diferentes zonas de interés.
- ◆ La zona metropolitana de San Salvador es el área geográfica que tiene instaladas el mayor número de estaciones base, por consiguiente es donde se concentran los niveles mas altos de radiación electromagnética.
- ◆ Dada la aceptación mundial de las normas ANSI/IEEE acerca de las recomendaciones de los niveles máximos de exposición a campos de RF, este estudio aportará recomendaciones basadas en normas internacionales, permitiendo así establecer criterios técnicos necesarios para la evaluación de la situación actual de la ciudad capital, colaborando así a mantener un mayor control de las emisiones electromagnéticas provenientes de las estaciones base de telefonía celular.

## 1.5 Bibliografía Capitulo I

- ◆ [ 1 ] John E. Moulder, Ph.D. Traducido al español por Carlos Llanos, Antenas de Telefonía Celular, Estaciones Base de Telefonía Móvil y Salud Humana. R.C. Patersen y col.: Radio-Frequency Electromagnetic Fields Associated with cellular-radio and cell-site antennas. Bioelectromag 13:527-542, 1992.
- ◆ [ 2 ] John E. Moulder, Ph.D. Traducido al español por Carlos Llanos, Antenas de Telefonía Celular, Estaciones Base de Telefonía Móvil y Salud Humana. A. Thansandote, G.B. Gajda y col.: Radiofrequency Radiation in five Vancouver schools:Exposure Standards not Exceeded.Can. Med. Assoc.J.160: 1311-1312, 1999.
- ◆ [ 3 ] John E. Moulder, Ph.D. Traducido al español por Carlos Llanos, Antenas de Telefonía Celular, Estaciones Base de Telefonía Móvil y Salud Humana.. S.M. Mann. T.G. Cooper y col.: Exposure to Radio Waves near mobile phone base Stations. National Radiation Protection Board ( U.K ), June 2000.
- ◆ [ 4 ] John E. Moulder, Ph. D, Cellular Phone Antennas ( Mobile Phone Base Station ) and Human Health, Medical College of Wisconsin. [http://: www.mcw.edu/gerc/cop.html](http://www.mcw.edu/gerc/cop.html).
- ◆ [ 5 ] Federal Communications Commission Office of Engineering & Technology Washington, D. C. 2054 January 1998.
- ◆ [ 6 ] CNR. Centro Nacional de Registros. División de Censos y Catastro. [http://: www.cnr.gob.sv](http://www.cnr.gob.sv)
- ◆ [ 7 ] Spectrum & Power Measurements, Using the Agilent CDMA, TDMA, & GSM. Drive-Test Systems. E7473A, 74A, 75A.
- ◆ [ 8 ] -The International Engineering Consortium [http://: www.iec.org](http://www.iec.org)

-Digital Switching EETS8304/TM-708N SMU/NTU, Lectures April 17 & 24,2001  
Cellular & PCS : The Big Picture ( 1997 )

GSM SuperPhone ( 1999 ). 1996-2000, R.C. Levine.

-Principles and Applications of GSM

Vijay K. Garg, Ph.D., PE,SE and Joseph E. Wilkes, Ph.D.,PE

Prentice Hall PTR

Upper Saddle River, NS 07458

[http://: www.phptr.com](http://www.phptr.com).

- ◆ [ 9 ] Walpole, Ronald E., Myers, Raymond H., Probabilidad y Estadística, Cuarta Edición 1992 Mexico Publicado por McGraw Hill Interamericana- División Universidad.

**CAPITULO II**  
**“Tecnologías y sistemas de telefonía celular”**

## **Introducción**

Un sistema de telefonía móvil celular esta compuesto por un conjunto de sistemas que interactúan entre sí para poder cumplir su función. Desde su nacimiento estos sistemas han experimentado cambios dramáticos debido a los constantes avances tecnológicos, nuevos sistemas son continuamente introducidos en el mercado, trayendo consigo nuevos y revolucionarios conceptos en materia de las comunicaciones inalámbricas. En este capítulo encontraremos una breve historia de lo que fue el inicio de la telefonía celular en El Salvador y su constante evolución, se dan a conocer los diferentes estándares de telefonía celular utilizados en el país y las tecnologías bajo las cuales estos funcionan, se abordan los principios fundamentales de la telefonía móvil, así como también se examinan de cerca los diferentes componentes que conforman el sistema celular, su arquitectura y sus principales características funcionales.

Se presentan los diferentes métodos de predicción y cálculo de las pérdidas de propagación, las cuales son fundamentales en el funcionamiento de estos sistemas, así como también las diferentes técnicas de automatización bajo las cuales se mejoraría grandemente su funcionabilidad.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

- ◆ Dar a conocer las diferentes tecnologías usadas en la actualidad por los operadores de telefonía celular en El Salvador.

### **Objetivos específicos**

- ◆ Definir características, funcionabilidad y arquitectura de cada uno de los elementos que conforman un sistema celular.
- ◆ Dar a conocer los diferentes métodos de predicción, de pérdidas de propagación y su utilización en los cálculos que se desarrollan en el estudio.
- ◆ Dar a conocer algunas de las técnicas de automatización, en lo que respecta a los sistemas de telefonía celular.

## **2.0 EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE TELEFONÍA MÓVIL EN EL PAÍS**

### **2.1 Historia**

En El Salvador como en muchos países del mundo, una de las innovaciones técnicas más relevantes para el desarrollo de la sociedad salvadoreña ha sido la introducción de las telecomunicaciones móviles y en especial la telefonía móvil celular que a finales de la década de los 90's se ha expandido considerablemente.

Las telecomunicaciones hasta hace algunos años eran patrimonio del estado y solamente este podía prestar dichos servicios. Con el cambio en la economía mundial y las nuevas corrientes de pensamiento del mercado, El Salvador decide no quedarse atrás y promover primeramente la concesión para el servicio de telefonía celular, autorizando a la primera operadora celular TELEMÓVIL DE EL SALVADOR, miembro del grupo "Millicom International" para iniciar operaciones a principios de la década de los 90's

iniciando operaciones con la tecnología AMPS analógica, para luego migrar a la tecnología D-AMPS digital. Un segundo gran paso en la modernización de las telecomunicaciones salvadoreñas fue la privatización del ente estatal formando dos empresas, la alambica y la inalámbrica (CTE e INTEL).

Desde su liberación en 1998 el sector de telecomunicaciones ha mostrado un crecimiento acelerado más que cualquier otro sector en la economía. Una muestra de este desarrollo es la diversidad de servicios y la agilidad y competencia de los operadores por capturar nuevos clientes. Actualmente se cuenta con la partición activa de 7 compañías que ofrecen servicios de telefonía fija y 4 que ofrecen telefonía móvil o celular, que operan el tráfico local de llamadas.

Por el año 1996 comienzan a surgir cambios respecto a las telecomunicaciones, este nuevo marco regulatorio permitiría el acceso a otras operadores de telefonía celular y es así como nace la empresa TELEFONICA DE EL SALVADOR S.A.DE C.V.( del grupo Telefónica de España e inversionistas nacionales ) operando desde el principio con tecnología digital CDMA. Como consecuencia del atractivo del mercado celular salvadoreño nuevas empresas son atraídas a invertir, es así como entran a competir la empresa de capital Francés, France-Telecom fundando la operadora celular “Personal” iniciado sus operaciones con tecnología TDMA para luego a principios del año 2000 migrar a la tecnología GSM1900 . Como una muestra de la dinámica del mercado un cuarto operador DIGICEL S.A de C.V entra a competir a finales del año 2001 iniciando con tecnología Europea GSM900. Todos estos cambios como consecuencia de los avances tecnológicos y con la finalidad de ofrecer un mejor servicio a la población salvadoreña en general.

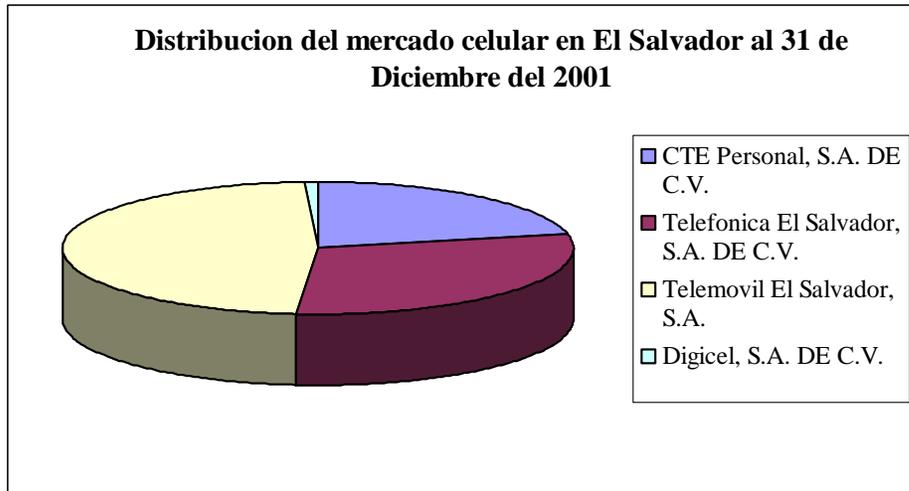
En la **tabla 4** se muestran la evolución del número de subscriptores por año para cada una de las 4 compañías que actualmente operan en El Salvador[ 1 ].

**TABLA 4 Cantidad de líneas por operador**

| OPERADOR DE TELEFONIA               | LÍNEAS MÓVILES |                |                |                |
|-------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                                     | 1998           | 1999           | 2000           | 2001           |
| CTE Personal, S.A. DE C.V.          | -              | 85.313         | 159.295        | 186.571        |
| Telefónica El Salvador, S.A. DE C.V | 51.000         | 221.000        | 264.321        | 254.442        |
| Telemóvil El Salvador, S.A.         | 86.114         | 205.052        | 320.012        | 409.493        |
| DIGICEL, S.A. DE C.V.               | -              | -              | -              | 7.276          |
| <b>TOTALES</b>                      | <b>137.114</b> | <b>511.365</b> | <b>743.628</b> | <b>857.782</b> |

Cantidad de líneas móviles reportadas por los operadores por año a SIGET.

En la figura 2 se representan estas mismas cifras en forma pictórica:



**FIGURA 2 Distribución del mercado celular**

## **2.1.2 Concesión de Bandas**

### **2.1.2.1 Derechos de propiedad del espectro**

La ley adopta un sistema basado en el mercado para administrar el espectro, permitiendo al sector privado ser la fuerza que determine la forma de distribución del espectro, ya que la legislación requiere que la SIGET siga un proceso muy específico de asignación[ 1 ]. La ley provee derechos de propiedad amplios y flexibles, por medio de concesiones con las siguientes características.

- Las concesiones del espectro no pueden restringir el uso a ningún propósito o tecnologías específico.
- Un concesionario no puede infringir los derechos de otros concesionados con licencia pre-existentes.
- Las concesiones duran 15 años, son completamente transferibles y totalmente fragmentables.
- Los concesionarios pueden operar como gerentes de banda y arrendar segmentos de espectro a terceros, pero siguen siendo responsables de cualquier infracción que este cometa.

### **2.1.2.2 Procedimiento de subasta de concesiones**

La ley sugiere que cualquier nueva concesión del espectro sea asignada a través de una subasta iniciada a solicitud de la persona o firma que la demanda, siguiendo un proceso cuidadosamente definido.

El primer paso lo da la parte interesada, quien solicita a la SIGET la concesión de una banda específica. Entonces la SIGET abre un período de consulta permitiendo que otras partes expresen su interés en estas frecuencias, o partes de las mismas.

Una vez caducado el período de consulta, la SIGET debe determinar la naturaleza de la próxima subasta; todo el espectro solicitado debe ser subastado, pero la SIGET puede hacerlo con varios grados de fragmentación, hay un tiempo fijo antes que la subasta inicie, para dar tiempo a las partes interesadas para elaborar sus estrategias de licitación. Aunque este procedimiento pueda parecer complejo el plazo establecido en la ley es relativamente corto.

En condiciones normales solo pueden pasar 80 días laborales entre el día de la solicitud el espectro inicial hasta el día de inicio de la subasta.

### **2.1.2.3 Fragmentación del espectro**

Es responsabilidad de SIGET la fragmentación del espectro radio eléctrico, y organizar las subastas para la concesión de estas de acuerdo a la ley. La concesión de una porción del espectro deberá ser tal que no se asignen a las partes solicitantes porciones demasiado grandes, que pudieran limitar la posible competencia de terceros, proporcionando también un ingreso mucho menor al fisco sobre la venta del espectro. En general se puede decir que entre mayor sea la fragmentación del espectro, mayores serán los ingresos que podrán obtenerse de la subasta.

### **2.1.2.4 Duración de la concesión: plazo fijo versus perpetuidad**

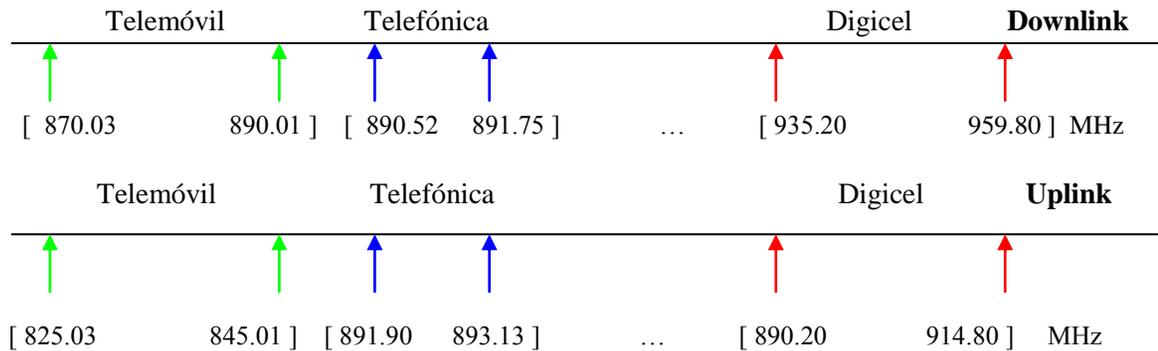
Aunque en principio es posible otorgar concesiones a perpetuidad, se considera que es preferible otorgar dichas concesiones por un periodo de 15 años, exactamente por las mismas razones que hacen preferible la fragmentación del espectro. Están muy claros que en El Salvador los mercados de capital están lejos de ser perfectos y que el mercado de telecomunicaciones apenas esta comenzando. En consecuencia, el número de licitantes que pueden participar en las rondas iniciales podrían no ser tan grandes.

Por tanto, dado que SIGET debe otorgar el espectro según se lo soliciten los participantes del mercado. Otra razón para no otorgar la perpetuidad es que el Fisco pierde monto de ingresos substanciales si se otorgan derechos perpetuos al espectro, debido a la baja competencia en la primera y única ronda de subastas para cada banda. Sin embargo otorgar concesiones a plazo puede generar algunas ineficiencias económicas, ya que hacia el final de su período el operador puede decidir no mantener o mejorar su red.

Dicha posibilidad se resuelve al permitir al operador devolver la concesión y así apresurar una nueva subasta. Si el gana, estará de nuevo en el negocio por otros 15 años. Si el operador anterior pierde, este resulta justamente compensado, pues obtiene una participación proporcional de los ingresos de la subasta, que excede su propio valor de la nueva concesión [ 1 ].

### 2.1.3 Distribución del espectro asignado a la telefonía celular en El Salvador

La distribución del espectro asignado a las diferentes empresas que prestan el servicio de telefonía celular en El Salvador se presenta en la siguiente **figura3**.



**FIGURA 3 Distribución espectral de los operadores en estudio**

Como se observa en la figura anterior las operadoras de Telemóvil, Telefónica y DIGICEL [ 1 ], están distribuidos de la siguiente manera:

- La sub – banda A esta asignada a Telemóvil.
- La sub – banda B esta asignada a Telefónica.
- DIGICEL se encuentra en la banda de los 900 MHz.

### 2.1.4 Proveedores actuales y futuros de telefonía celular

Desde su liberación en 1998 el sector de Telecomunicaciones ha mostrado un crecimiento acelerado más que cualquier otro sector en la economía. Una muestra de este desarrollo es la diversidad de servicios y la agilidad y competencia de los operadores por capturar nuevos clientes. Actualmente se cuenta con la participación activa de 7 compañías que ofrecen servicios de telefonía fija y 4 que ofrecen telefonía celular [ 1 ].

Como ya se mencionó con anterioridad El Salvador cuenta actualmente con cuatro operadores celulares, que además prestan servicios adicionales de Red Fija, Servicios de Telefonía pública, servicios de Datos, Carrier Internacional, entre otros tipos de servicios.

Los proveedores actuales de telefonía celular en El Salvador son los siguientes:

- Telemóvil El Salvador S.A de C.V
- Telefónica El Salvador S.A de C.V
- Telecom S.A de C.V
- Digicel S.A de C.V.

Los proveedores que podrían prestar sus servicios a futuro en el mercado de la telefonía celular en El Salvador son:

- Oceánica El Salvador S.A de C.V
- Bellsouth El Salvador S.A. de C.V
- Global One S.A de C.V

## **2.1.5 Proyecciones de crecimiento en la telefonía celular**

### **2.1.5.1 Proyecciones de crecimiento de la red actual**

Las proyecciones de crecimiento de la red de telefonía celular de los operadores de telefonía que están prestando el servicio en nuestro país no son las mismas para todos, por el hecho de que tanto Telefónica como Telemóvil prácticamente ya completarán sus fases de instalación de estaciones base en las zonas del país definidas por sus planes de mercadeo que son particulares para cada operador. DIGICEL que con menos de un año en servicio se ha hecho una buena parte del mercado celular, y sigue con sus planes de expansión compitiendo dinámicamente con los otros operadores ya establecidos en el mercado, ofreciendo a sus usuarios un mejor servicio a nivel nacional, y promete completar sus expectativas en el incremento de sus abonados, aumentando el número de estaciones base a lo largo del territorio nacional.

### **2.1.5.2 Proyecciones de nuevos operadores**

En cuanto a las operadoras que podrían ofrecer en un futuro este servicio, podrían estar esperando que los grandes operadores en el mundo den el gran paso al uso de los sistemas de la tercera generación para invertir desde el principio en nuevas tecnologías, ofrecer nuevos y mejores servicios y sacar ventaja a las operadoras ya establecidas, que para poder migrar a los estándares de la tercera generación deberán hacer una mayor inversión económica.

### **2.1.5.3 Proyecciones de nuevos servicios**

En El Salvador pensar en los beneficios de los nuevos servicios de telefonía móvil, sería pensar en la migración a los sistemas de la tercera generación por parte de los operadores que hasta el momento prestan el servicio, un paso que se ve bastante lejos, pero que tampoco se puede dejar de lado. También pensar en el hecho que nuevos operadores en un futuro entren al mercado con esta nueva tecnología.

Entre las ventajas de estos nuevos servicios tenemos que: soportan altas velocidades de información y están enfocados para aplicaciones más allá de la voz, como audio (mp3), video en movimiento, videoconferencia y acceso rápido a Internet, sólo por nombrar algunos.

## **2.1.6 Estándares de sistemas de telecomunicación móvil**

Los estándares juegan un papel muy importante en los sistemas de telecomunicaciones por muchas razones, algunas de ellas son[ 2 ]:

1. Permiten que productos de diferentes fabricantes puedan ser interconectados y sean compatibles entre si.
2. Permiten el diseño de sistemas abiertos, esto es no amarrando las funcionalidad del sistema a un diseño de hardware o software en específico,
3. esto permite una libre competencia entre los fabricantes y promueve el desarrollo de nuevas tecnologías para realizar las mismas funciones operativas más eficientemente y con menor costo.
4. Los estándares hacen más fácil el proceso de cooperación a muchos niveles, tanto el técnico, el operativo como el comercial.

El principal propósito de un estándar de comunicaciones móviles es el de especificar como las llamadas de los teléfonos móviles serán manejadas por las redes de conmutación celular. Por ejemplo, esto incluye especificaciones como las siguientes:

1. Las señales para ser transmitidas y recibidas por los teléfonos móviles.
2. El formato de estas señales.
3. La interacción de los nodos de red con los móviles.
4. Los servicios básicos que la red proporcionara a los suscriptores móviles.
5. La estructura básica de la red, entre otros aspectos.
6. La administración de los recursos dentro del sistema.

Desde el desarrollo del primer estándar para telefonía móvil celular llamado NMT-450 (Nordic Mobile Telephony) en 1981, muchos estándares han sido desarrollados para las comunicaciones móviles a través del mundo. Cada estándar de telefonía móvil ha sido desarrollado para cubrir requerimientos particulares de una región, país o para suplir intereses de grupos envueltos en esta estos negocios[ 2 ]. Por esta razón, un estándar puede funcionar perfectamente para un país, pero no ser funcional para otro con diferentes características tecnológicas, comerciales, culturales y hasta gubernamentales.

### **2.1.6.1 Las generaciones de la telefonía celular**

#### **2.1.6.1.1 Primera Generación ( 1 G )**

La primera generación ( 1G ) de la telefonía móvil hizo su aparición a principio de la década de los 80's y se caracterizó por ser analógica y estrictamente para voz. La calidad de los enlaces era muy baja. En cuanto a la transferencia entre celdas, era muy imprecisa ya que contaban con una baja capacidad (Basadas en FDMA, Frequency Division Multiple Access) . Las tecnologías predominantes de esta generación son AMPS (Advanced Mobile Phone System) en Norte y Sur America[ 2 ]. En Europa se desarrollaron varios sistemas similares a AMPS entre los que encontramos TACS (Total Access Communications System) en España, Reino Unido, Italia e Irlanda, NMT (Nordic Mobile Telephone) en los países Escandinavos, C-450 en Alemania y Portugal, RadioCom 2000 en Francia.

#### **2.1.6.1.2 Segunda Generación ( 2 G )**

La segunda generación ( 2 G ) arribó hasta la década de los 90's y a diferencia de la primera se caracterizó por ser digital. Los sistemas 2G utilizan protocolos de codificación más sofisticados y se emplean en los sistemas de telefonía celular actuales. Las tecnologías predominantes son: GSM (Global System for Mobile Communications); IS-136 (conocido también como TIA/EIA136 o ANSI-136) y CDMA (Code Division Multiple Access) IS-95, PDC (Personal Digital Communications), éste último utilizado en Japón[ 2 ].

Los protocolos empleados en los sistemas 2G soportan velocidades de información más altas para voz, pero limitados en comunicación de datos. Además se pueden ofrecer servicios auxiliares, como datos, fax y SMS (Short Message Service) entre otros. En Estados Unidos y otros países se le conoce a 2G como PCS (Personal Communication Services).

La cual es la generación bajo la cual se rigen los operadores de telefonía celular en El Salvador hasta la fecha y de la cual por el momento no se percibe ningún cambio para hacer el salto a la siguiente generación.

### 2.1.6.1.3 Tercera Generación ( 3 G )

La tercera generación 3G se caracteriza por contener a la convergencia de voz y datos con acceso inalámbrico a Internet; en otras palabras, es apta para aplicaciones multimedia y altas transmisiones de datos. Los protocolos empleados en los sistemas 3G soportan altas velocidades de información y están enfocados para aplicaciones más allá de la voz como: audio (mp3), video en movimiento, videoconferencia y acceso rápido a Internet, sólo por nombrar algunos. A continuación se resumen los principales estándares y su evolución con respecto a la telefonía celular en El Salvador[ 2 ].

**TABLA 5 Estándares de telefonía celular y su evolución**

| Standard | Sistema de telefonía móvil             | Operador de Telefonía | Generación |
|----------|--|-----------------------|------------|
| NMT 450  | Nordic Mobile Telephony                |                       | primera    |
| AMPS     | Advance Mobile Phone System            |                       | primera    |
| TACS     | Total Access Communication System      |                       | primera    |
| NMT900   | Nordic Mobile Telephony                |                       | primera    |
| GSM 900  | Global System for Mobile Communication | Digicel               | segunda    |
| TDMA     | Time Division Multiple Access          | Telemovil             | segunda    |
| CDMA     | Code Division Multiple Access          | Telefónica            | segunda    |
| GSM1900  | Global System for Mobile Communication | Telecom               | segunda    |
| PDC      | Personal Digital Cellular              |                       | segunda    |
| PCS      | Personal Communication Services        |                       | segunda    |

En nuestro país actualmente se encuentran en uso tres de los estándares aprobados por las organizaciones Internacionales de telecomunicaciones (FCC & IEEE) y de más implementación a nivel mundial[ 2 ], estos son:

- IS-54 AMPS (TDMA). Por su siglas en ingles de “Time Division Multiple Access”
- IS-95 CDMA. Por sus siglas en ingles de “ Code Division Multiple access”
- GSM (900 & 1900). Por sus siglas en ingles de “Global System Mobile”

### 2.1.6.2 Características Generales de las Tecnologías utilizadas en El Salvador

#### ◆ GSM (Digital)

Estándar de la tecnología digital Europea de telefonía móvil, GSM (Global Mobile System) acrónimo de “Sistema Global para Comunicaciones Móviles” opera en cualquiera de las dos bandas 900Mhz o 1900 MHz, actualmente usado por la operadora local DIGICEL en la banda de los 900MHZ. Este es un sistema híbrido de

las tecnologías de TDMA y FDMA. Este estándar es ahora ampliamente usado en muchas partes del mundo. El procesamiento digital de las señales utiliza modulación por fase, en este proceso cada dígito que es transmitido introduce un cambio en la fase de la onda portadora y el cambio producido por un uno es diferente al producido por un cero. En GSM cada usuario requiere un ancho de banda por canal de 200KHZ, por tal razón se cuenta con un total de 123 canales para un ancho de banda disponible de 24.6 MHz en la banda de los 900Mhz. Estos canales son distribuidos a través de las celdas de tal forma que cada celda pueda operar a frecuencias diferentes para evitar interferencias.

#### ◆ CDMA

Siglas en inglés de “Code Division Multiple Access”, en este sistema cada usuario utiliza todo el ancho de banda disponible para transmitir (1.23MHz) que puede ser accedido por un número determinado de suscriptores simultáneamente. No obstante en CDMA cada transmisión es etiquetada por un código que es diferente para cada usuario. Dos tipos de CDMA son actualmente implementados: FDD (Frequency Division Duplex) donde dos canales separados 5Mhz son usados para la transmisión y la recepción del teléfono móvil y TDD (Time Division Duplex) donde el mismo canal es usado tanto para la transmisión como para la recepción pero en diferentes ranuras de tiempo (“time slot”). Actualmente la operadora TELEFONICA DE EL SALVADOR usa esta tecnología desde el inicio de sus operaciones en 1998.

#### ◆ TDMA

Sistema que incrementa la capacidad a 8 usuarios que pueden acceder simultáneamente a un radio canal de la radio base mediante la técnica del “Acceso Múltiple por División de Tiempo” que da el nombre a este sistema. Esto se logra asignando a cada usuario un segmento de tiempo diferente para cada intervalo de transmisión recortando la transmisión cada 4.6ms a un octavo de este tiempo (0.58ms) formando una ráfaga continua de pulsos modulados con una frecuencia de 217Hz, asignando así a cada usuario un segmento de tiempo diferente para cada intervalo de transmisión. Actualmente la operadora local TELEMÓVIL hace uso de este método como tecnología de acceso celular incorporado en un standard llamado AMPS (Advanced Mobile Phone System) en sus dos variantes: Analógico y Digital.

## 2.2 FILOSOFÍA DE LOS SISTEMAS MÓVILES CELULAR

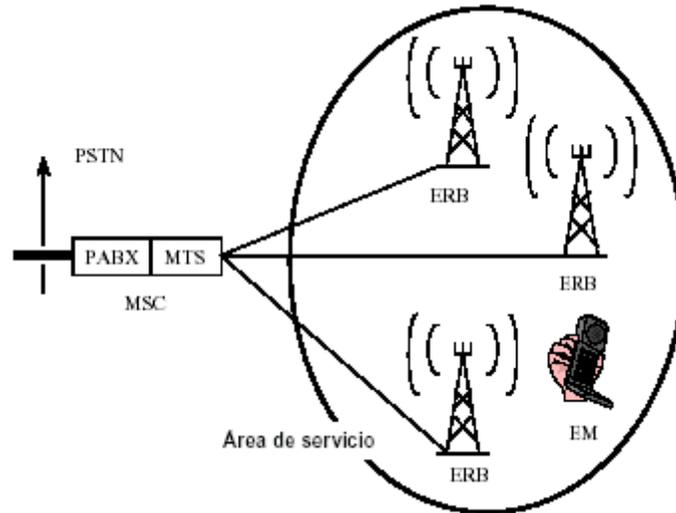
### 2.2.1 Principios de la telefonía móvil celular

Cada móvil usa por separado un radio canal el cual es asignado temporalmente para comunicarse con una celda. La celda establece la comunicación con muchos móviles simultáneamente usando un radio canal para cada móvil, cada canal esta compuesto por un par de frecuencias para establecer la comunicación en ambos sentidos, la frecuencia de transmisión de la celda al móvil se conoce en la literatura inglesa como “downlink” y la frecuencia de transmisión del móvil a la radio base se conoce como “up-link” [ 2 ].

La energía electromagnética es radiada por las estaciones base sobre un área definida, la cual es conocida como el área de cobertura de la radio base. Todo móvil necesita estar dentro del área de cobertura de una radio base para poder establecer la comunicación con otro punto en la red.

La estructura básica de una red móvil esta compuesta principalmente por:

- El sistema de Telefonía celular.
- Servicios de red de transporte.



**FIGURA 4 Estructura básica de una red celular.**

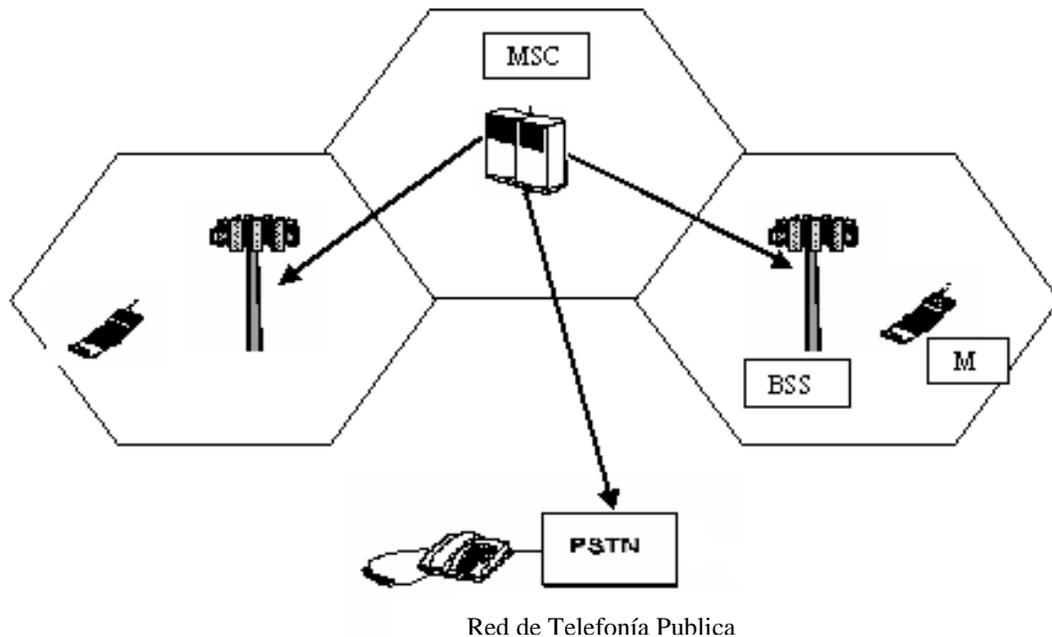
### **2.2.2 Arquitectura de los primeros sistemas de telefonía móvil**

La estructura de los primeros sistemas de telefonía móvil, se diseñaron utilizando el principio de difusión similar al usada por los sistema de difusión de televisión y radio, es decir utilizando un solo transmisor de alta potencia localizado en un sitio con gran altitud con una área de cobertura mayor de 5Km. El concepto de telefonía celular estructura la red de telefonía móvil en diferente forma[ 2 ]. En lugar de usar una sola estación base con transmisores de alta potencia, se instalan muchas estacione base con transmisores de baja potencia en el área de cobertura deseada. Por ejemplo dividiendo una región metropolitana en 100 diferentes áreas (celdas de cobertura) con transmisores de baja potencia usando 20 canales de conversación, teóricamente la capacidad del sistema podrá ser incrementada desde 20 canales de conversación usando una sola estación base con un solo transmisor de alta potencia, a 2000 canales de conversación usando 100 sitios con transmisores de baja potencia, cada uno con 20 canales de conversación.

### **2.2.3 Sistemas de Telefonía móvil usando el concepto Celular**

Los problemas de interferencias causadas por las unidades movibles usando los mismos canales en áreas adyacentes provocan que los canales no puedan ser rehusados en cada celda. Celdas con el mismo plan de frecuencia deben de ser instaladas en áreas de cobertura alternadas para que los mismos canales puedan ser rehusados. Los ingenieros descubrieron que los efectos de interferencia no solo eran debido a la distancias de separación entre áreas de cobertura, sino a la relación de la distancia entre las áreas y la potencia de los transmisores de las celdas.

El concepto celular emplea equipos de transmisión con bajos niveles de potencia (tanto en móviles como en radio bases) y celdas con tamaños variables de acuerdo a la densidad de suscriptores y la demanda del servicio en una área determinada de cobertura.



**FIGURA 5 Sistemas de telefonía móvil usando la arquitectura celular**

#### **2.2.4 Handoff**

El obstáculo final en el desarrollo de las redes celulares, involucra el problema creado cuando un suscriptor móvil hace un cambio de una celda hacia otra durante una llamada, como las áreas adyacentes no usan el mismo canal de radio, uno de los dos móviles involucrados en la llamada debe ser transferido automáticamente desde un canal de radio hacia otro cuando uno de los dos cruce la línea entre las celdas adyacentes. Por el hecho de que la llamada no debe de ser interrumpida cuando ocurre este cambio de canal de radio es que fue creado el "HANDOFF"[ 2 ].

Durante una llamada, las dos partes están en un mismo canal de voz. Cuando una de las dos unidades móviles esta fuera de un área de cobertura de una celda, la señal de recepción será débil. En este punto la celda en uso requiere un "HANDOFF". El sistema switchea la señal a un nueva celda en un canal de frecuencia de mayor cobertura sin que el usuario lo note.

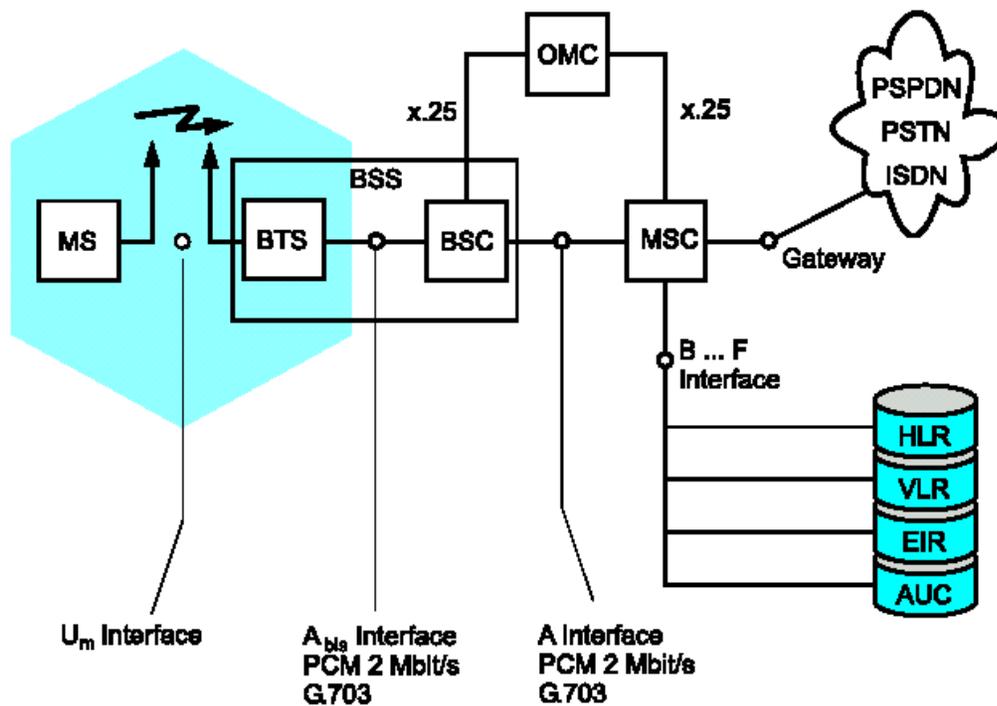
### **2.3 COMPONENTES DE UN SISTEMA CELULAR**

Los sistemas celulares ofrecen el mismo tipo de servicio de los teléfonos de telefonía fija por medio de alambrado, con la diferencia de ser un teléfono móvil o portable. El sistema celular tiene la capacidad de proveer servicio a decenas de cientos de suscriptores

simultáneamente. Los sistemas de comunicación celular consisten de los siguientes cuatro principales componentes[ 3 ] que trabajan en conjunto para proveer el servicio móvil a los suscriptores:

1. **Red Publica de Conmutación Telefónica. (PSTN)**  
Traducción del termino ingles PSTN (Public Switched Telephone Network).
2. **Central de Conmutación de Telefonía Móvil.(MSC)**  
Traducción del termino ingles MSC, ( Mobile Switching Center).
3. **Sistemas de Estaciones Bases.(BSS)**
4. **Unidad de suscriptor Móvil.(MS)**
5. **Sistema de Operación y Soporte. (OSS)**

En la siguiente figura se muestran los principales componentes mencionados:



**FIGURA 6 Componentes del sistema celular**

### 2.3.1 Red publica de conmutación telefónica. (PSTN)

Esta conformada por todos los operadores locales de telefonía fija, otros operadores de telefonía móvil u otro tipo de servicios como redes ISDN, con los cuales el sistema móvil intercambia información ya sean estos suscriptores móviles, suscriptores fijos o dispositivos de comunicación electrónica.

### 2.3.2 Central de conmutación de móvil. (MSC)

La MSC desempeña la función de conmutación telefónica para la red móvil. Este controla las llamadas para y desde otro suscriptor u otro sistema de datos como Red

publica de conmutación telefónica, Redes digitales de servicios integrados (ISDN), redes públicas de datos, redes privadas y otras redes móviles. La MSC también realiza las funciones de pasarela (Gateway) que habilita al MSC para intercambiar información con otras centrales de conmutación por medio de los protocolos de señalización adecuados tales como el SS7, esto permite al centro de conmutación el establecimiento de las rutas y procedimientos necesarios para establecer una llamada punto a punto con otro subscriptor perteneciente a otra red con características diferentes.

### **2.3.3 Sistema de Estación base ( BSS )**

Las estaciones bases son el elemento de unión que facilita el acceso vía señales de radio a la red telefónica a los usuarios, que disponen para ello de terminales móviles. Los dos elementos que producen emisiones electromagnéticas son las estaciones base y los teléfonos móviles. Las zonas de cobertura del sistema móvil se subdividen en pequeñas unidades de superficie denominadas células, estando cada una de ellas por una estación base. El área de la celda dependerá del entorno geográfico en la que se encuentre, que determine el alcance radio eléctrico, y de la densidad del tráfico existente en la zona, que determina el número de células necesarias en dicha zona.

En general las células en entornos no urbanos son de menor radio que las células en entornos urbanos. El número de usuarios que pueden cursar llamadas a través de una estación base es limitado, por lo que en zonas con alta densidad de usuarios, como las ciudades, el número de estaciones base tiene que ser mayor que en áreas rurales. Las estaciones base emiten con una potencia mayor que la de los teléfonos móviles, que se concentra en la dirección en la que se quiere dar cobertura mediante el uso de antenas directivas.

La localización de la estación base es determinada por dos diferentes necesidades del sistema; la primera es para proveer una adecuada cobertura, esto es una adecuada fuerza de señal a través del área entera de servicio. La segunda razón esta en función de proveer una adecuada capacidad al usuario, esto es disponibilidad del sistema para acomodar al usuario sin ningún problema bajo condiciones de congestión promedio. La estación base provee alojamiento a las antenas encargadas de establecer la radiocomunicación directamente con los teléfonos móviles, la altura de emplazamiento de estas antenas es crítica, esta deberá de ser tan alta de forma que brinde una cobertura adecuada a través de toda el área de servicio de la celda y tan baja de forma que no interfiera con otras estaciones bases de celdas aledañas que reutilizan las mismas frecuencias.

Dependiendo de las necesidades del sistema las antenas pueden ser colocadas en una altura de los 10 a 100mts sobre el nivel de tierra, montadas sobre estructuras de tubos metálicos conocidos como monopolos, o también en torres de estructura metálica de diseño en látilice, las estaciones base también pueden ser localizadas en estructuras existentes como terrazas de edificios, tanques de agua, bayas de anuncios publicitarios, etc. Para reducir el impacto antiestético en las comunidades y también por razones de economía generalmente las compañías prefieren instalar antenas en estructuras ya existentes y también la instalación, cuando es posible, de varias estaciones bases de diferentes compañías en una misma estructura.

### **2.3.4 Subscriptor Unidad Móvil. ( MS )**

Es la unidad que interactúa directamente con la estación base a través de la interfase aérea, posee tanto transmisores como receptores de señal, este es el punto del sistema donde toda la información es convertida de nuevo a voz.

A nivel Técnico los parámetros que describen las características de un móvil son:

- La potencia de transmisión máxima y promedio.
- Sensibilidad
- Banda(s) de operación.
- Ganancia de recepción.
- Relación señal / Ruido.
- Consumo de potencia.
- Velocidad de transferencia del canal.
- Tipo de tecnología. (Analógica o Digital)
- Máximo tiempo de operación en el modo de espera.
- Máximo tiempo de operación en el modo de llamada.
- 

### **2.3.5 Sistema de operación y Soporte ( OSS)**

El OSS provee una forma de supervisar y administrar centralizadamente todas las actividades requeridas por la red celular. El OSS es la identidad dentro del sistema con el cual los operadores de la red monitorean y controlan el sistema.

El OSS puede ser visto como una función administrativa de dos niveles. El Centro Administrativo de la Red (NMC) el cual realiza las rutinas de control de la red y el Centro de Operaciones y Mantenimiento (OMC) el cual mediante las funciones de monitoreo realiza labores de preventivos y correctivos para el buen funcionamiento de la red. El OSS es diseñado de tal forma que provee un coherente sistema administrativo que soporta a todos los componentes del sistema celular, estos son:

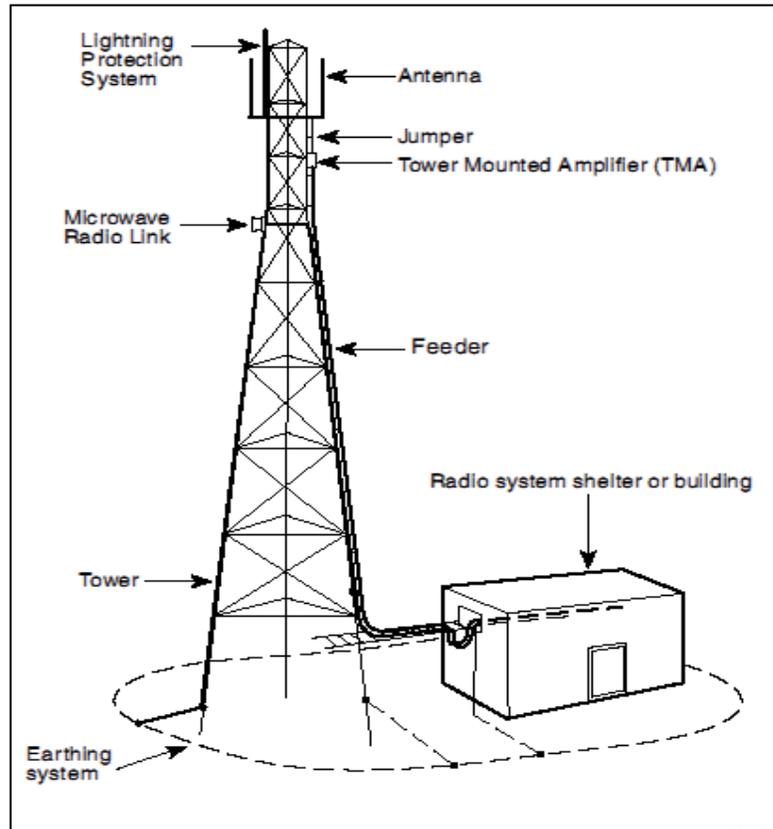
1. Central de conmutación móvil. ( MSC)
2. Controlador de estaciones Bases. (BSC)
3. Estación Radio Base (RBS)
4. Registro de localización de visitantes. (VLR)
5. Registro de localización local. (HLR)
6. Equipamiento de registros de identidad (EIR)
7. Centro de autenticación. (AUC).

## **2.4 DESCRIPCIÓN BÁSICA DE UN SISTEMA CELULAR EN GENERAL**

### **2.4.1 Estructura de una Estación Base**

A simple vista es difícil determinar a cual de los diferentes operadores en el medio pertenece una radio estación de telefonía celular, porque, por lo general los componentes básicos de estas son los mismos: antenas celular, cables de RF, antenas para radio enlace, cuarto de sistemas, luces de señalización, etc. Por mencionar algunos, la diferencia esta en el tipo de tecnología que usan dichos operadores para prestar sus servicios.

Actualmente existen en el mercado tecnológico celular diferentes tecnologías de comunicación, entre ellas tenemos las más difundidas a nivel mundial la TDMA, CDMA, GSM, DAMPS, etc. [ 2 ], cada una de ellas con características únicas que identifican a cada tecnología en particular, es decir con filosofías, protocolos de acceso, métodos de modulación, y equipos diferentes. No obstante los componentes exteriores de las estaciones base, han permanecido invariantes a pesar de los cambios de las tecnologías[3].



**FIGURA 7 Infraestructura y componentes exteriores básicos de una estación base.**

Las partes que conforman una estación base se detallan a continuación

- **2.4.1.1 Cuarto de sistemas**

Aloja a los equipos electrónicos transreceptores, amplificadores de RF, equipos de potencia y de transmisión de datos. Generalmente cuentan con sistemas de respaldo de energía y equipos de acondicionamiento del ambiente con el fin de garantizar un máximo rendimiento de los sistemas.

- **2.4.1.2 Torre**

Soporta al sistema radiante de antenas, su altura esta determinada por el relieve topográfico del terreno y por el área de cobertura que se desea obtener según el diseño de ingeniería del sistema. Se encuentran de varios tipos en el sector industrial, las de diseño más común son las auto-soportadas de estructura de látice, aunque también lo son las de un solo mástil conocidas como “monopolos”. En los últimos años la tendencia de la industria celular es la de ubicar las antenas de transmisión en construcciones ya existentes como edificios, y azoteas, ya que ofrecen menor costo de instalación .



**FIGURA 8 Torre característica de un sistema celular**

- **2.4.1.3 Antenas**

Permiten la transferencia de energía electromagnética entre el medio y los equipos transreceptores. Generalmente en una estación base se tienen las antenas del sistema celular que permiten la transmisión y recepción de los teléfonos móviles, también se encuentran antenas de microondas las cuales permiten la comunicación de la estación base con la central de conmutación.

- **2.4.1.4 Cables de RF**

Transportan las ondas electromagnéticas producidas artificialmente en las unidades transreceptoras hasta las antenas. Están contruidos por un núcleo generalmente de cobre rodeados por un dieléctrico plástico, el cual se encarga de transportar la onda electromagnética , esta a su vez se encuentra rodeada por una coraza de cobre que sirve como blindaje electromagnético que evita la interferencia desde y hacia el cable de RF. Con el objetivo de minimizar las

pérdidas por onda reflejada y por las mismas pérdidas en el dieléctrico del cable, se utilizan cables de RF de gran sección transversal a lo largo del ascenso de la torre, en cada extremo se conectan cables de menor diámetro conocidos en la literatura inglesa como “Jumpers” que realizan el acople final entre los equipos terminales y las antenas.



**FIGURA 9 Arreglo de cables de RF**

- **2.4.1.5 Antena de microondas**

Junto con la unidad de radio, forman parte del sistema de comunicación que permite a la radio base el transporte de la información generada por los usuarios así como la información de control y señalización necesarios para mantener operativa a la radio base.



**FIGURA 10 Antenas de enlace de microondas**

- **2.4.1.6 Luces de navegación**

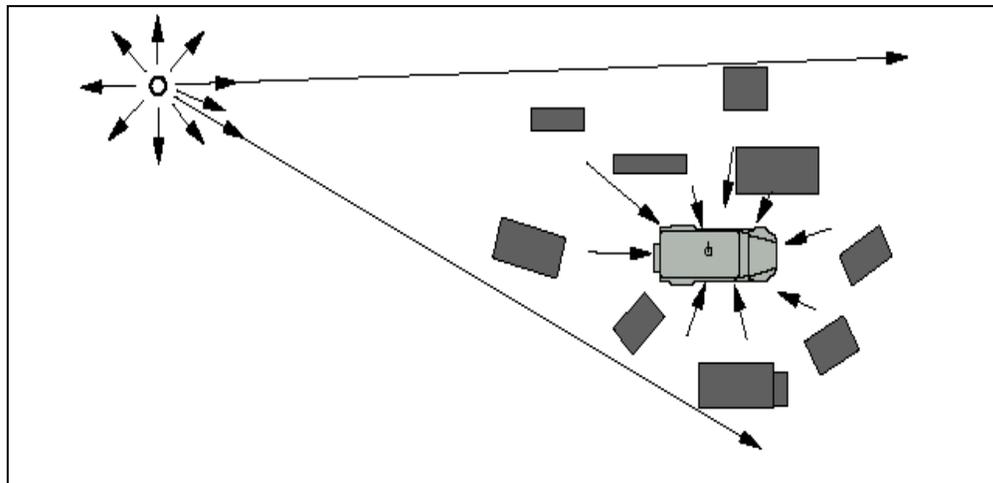
Son instaladas con el propósito de advertir a las aeronaves de la presencia de esta, ya que a menudo son instaladas en sitios de gran altura y algunas veces como en el caso de repetidores en montañas de gran altitud, pero en la ciudad también son instaladas con el fin de advertir a las aeronaves civiles que vuelan a baja altitud.

- **2.4.1.7 Sistema de pararrayos**

Proporcionan la protección necesaria contra descargas atmosféricas que pueden ser atraídas por las estructuras metálicas de las torres. Un buen sistema de red tierra y la polarización de todos los equipos e infraestructura metálica es necesario para garantizar la protección del sistema y del personal de mantenimiento.

## 2.4.2 Descripción de antenas sectoriales

Las antenas de las estaciones bases son las encargadas de establecer y mantener la comunicación con las unidades móviles a través de la interfase aérea. Por razones de capacidad en las zonas urbanas las estaciones base están generalmente compuestas por tres conjuntos de antenas direccionales, 1 para la transmisión y 2 para la recepción, a esto se le llama diversidad de espacio[ 4 ]. La Diversidad es usada para incrementar el nivel de señal desde el móvil hacia la estación base, en el sentido del enlace ascendente (“Uplink”). El Problema principal es que las pérdidas por atenuación y difracción en la trayectoria entre el teléfono móvil y la estación base cambian continuamente conforme este se desplaza a través de obstáculos como edificios, vallas, árboles, etc. esto se ejemplifica en la **figura 11**.



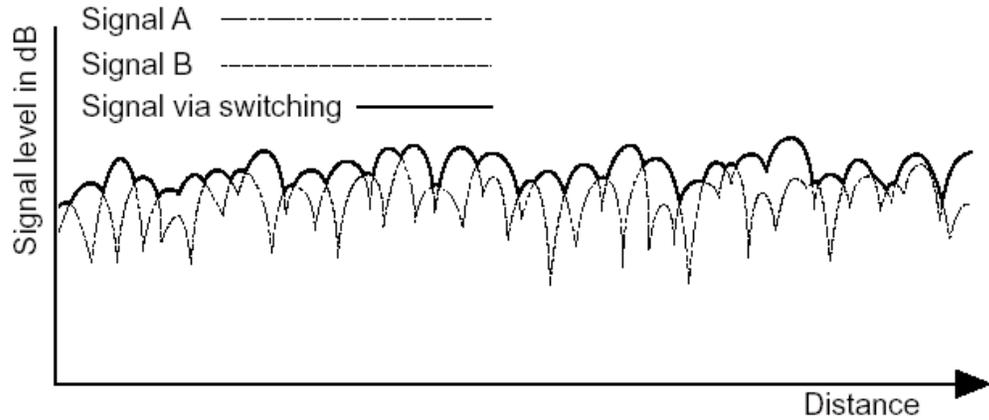
**FIGURA 11** Esquema de radio propagación entre el MS y la estación base

La diversidad de antenas permite una cierta mejora de la intensidad de campo recibidas dentro del área de cobertura, sin embargo estas dos señales de recepción en ningún momento pueden combinarse debido a que tienen características electromagnéticas incompatibles tanto en fase como en intensidad de campo, por lo que

ambas señales de RF son procesadas individualmente por la radio base. Este método es a veces llamado también diversidad de ganancia.

Ambas antenas funcionan separadamente en diferentes rutas de recepción, no obstante la señal con mayor intensidad es seleccionada por la estación base para ser enviada al centro de conmutación celular.

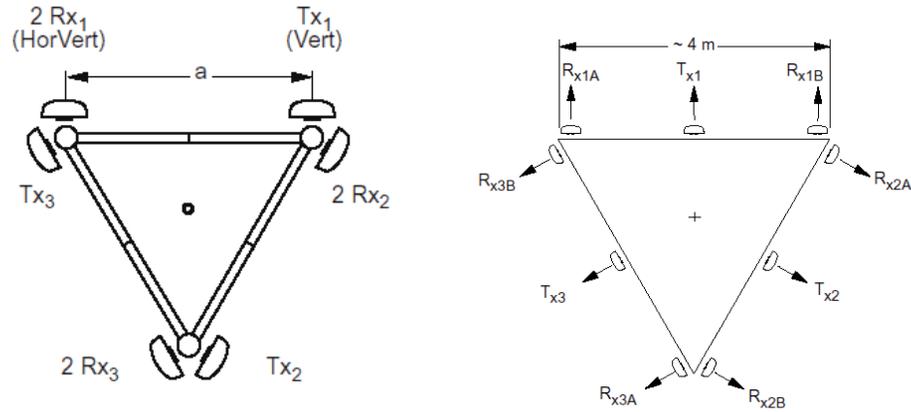
El proceso de selección de las señales se muestra en la siguiente figura.



Source: William C.Y. Lee, Mobile Communications Design Fundamentals

**FIGURA 12 Proceso de diversidad de recepción.**

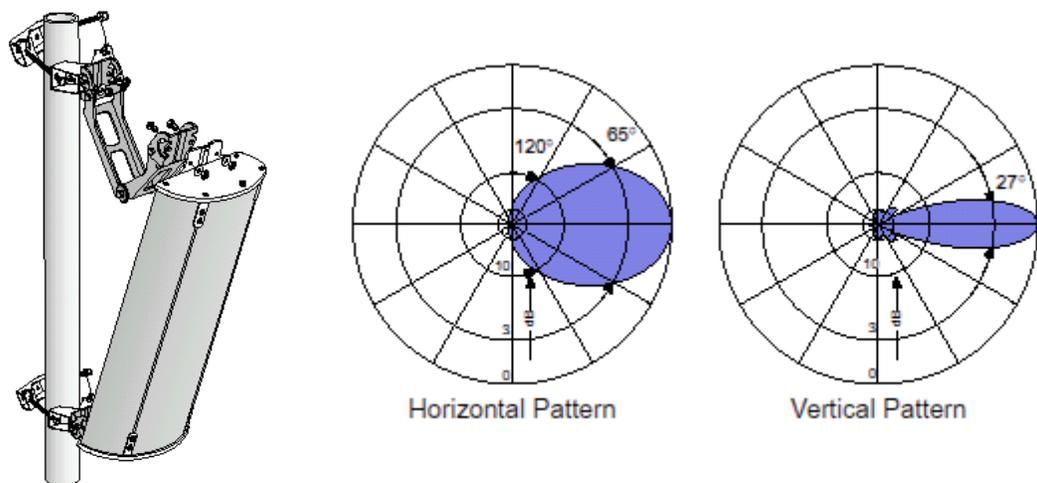
El área de cobertura de una estación base se divide en tres sectores, cada sector cubre un área de  $120^\circ$  de amplitud horizontal. Todas las antenas de un sector (Tx y Rx) pueden ser montadas a la misma altura debido a que las antenas direccionales no se interfieren entre si en comparación a las antenas omnidireccionales[ 4 ]. Existen antenas que integran las dos recepciones bajo un mismo encapsulamiento, en la siguiente figura se muestran los arreglos Standard de antenas:



**FIGURA 13 Arreglos estándar para antenas sectorizadas con redundancia en recepción y figura comparativa.**

Este tipo de antenas produce un lóbulo que es estrecho en el plano vertical pero muy amplio en la dirección horizontal. A nivel del piso, la señal es relativamente débil en las cercanías de la estación base, debido a que el lóbulo principal pasa directamente sobre estos puntos, sin embargo gracias a los lóbulos laterales de menor intensidad se logra la cobertura en estas zonas.

Para la mayoría de las estaciones base, la intensidad de la señal a nivel del piso se incrementa gradualmente, siendo el máximo a una distancia de la torre entre los 50 a 200 metros partiendo de la base de la torre y decreciendo rápidamente para distancias mayores a estas. Por causa del patrón de radiación de estas antenas, la intensidad de la señal recibida depende de la distancia a la antena y del ángulo de incidencia bajo el lóbulo principal. En general la fuerza de la señal se decrementa inversamente proporcional al cuadrado de la distancia a la antena para un móvil que se aleja de esta. En la **figura 14** se muestra una antena típica sectorial junto con el mecanismo de montaje y el patrón de radiación de estas antenas en el plano horizontal y vertical[ 4 ].



**FIGURA 14 Antena Direccional y patrones de radiación típicos.**

Como puede observarse en la figura anterior el lóbulo principal tiene un margen efectivo de amplitud reducido, lo que permite una alta concentración de la densidad de campo electromagnético en una zona determinada.

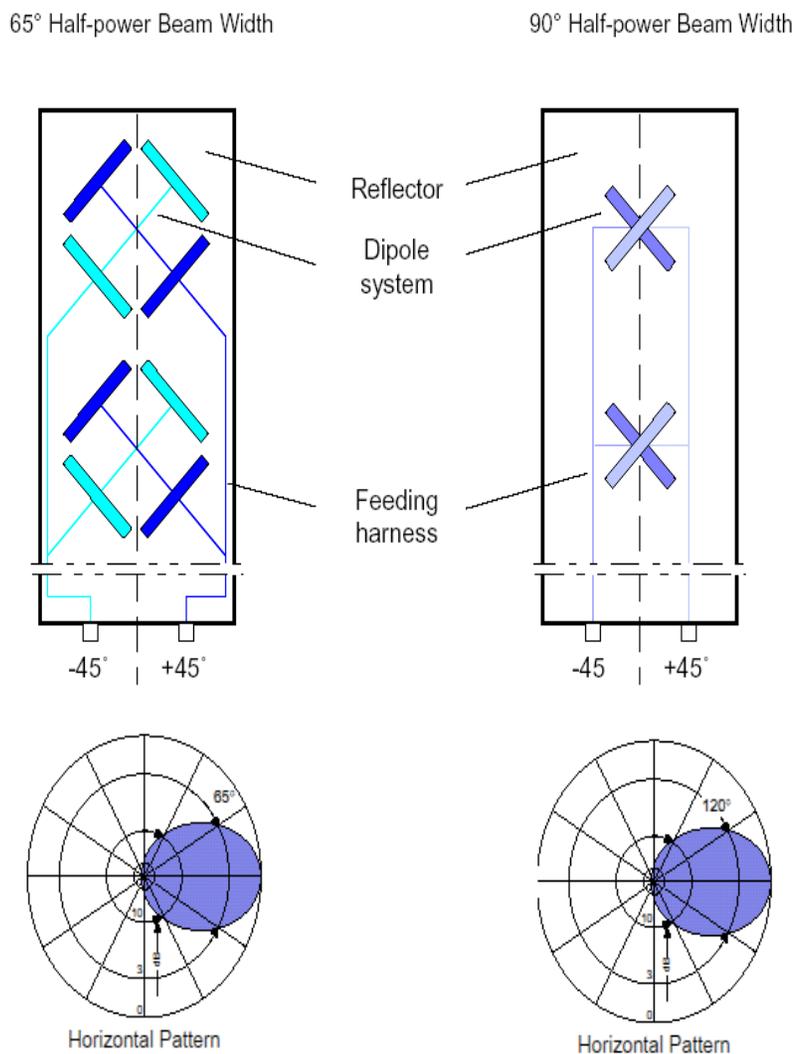
#### **2.4.2.1 Estructura interna de una antena sectorizada**

A pesar de los avances en la tecnología de diseño de RF, el dipolo simple sigue siendo el elemento básico de radiación electromagnética, esto también aplica para las antenas de paneles utilizadas para las comunicaciones móviles.

Existen diferentes tipos de arreglos de dipolos al interior de este tipo de antenas, sin embargo en los últimos años el uso de antenas con tecnología de polarización cruzada se ha difundido enormemente dado las características de diseño que permiten la implementación de doble banda en un mismo panel de antenas.

El diseño de este tipo de antenas consiste de dos sistemas de dipolos operando independientemente, cada par de dipolo son ubicados con una polarización de  $+45^\circ$  y  $-45^\circ$  respectivamente, estos son colocados simétricamente en frente de la pantalla reflectora, el cual es la condición básica para un patrón de radiación horizontal completamente simétrico [ 4 ]. La distribución de la potencia de RF y la adaptación de impedancias son realizadas por un sistema de cables coaxiales internos. Este tipo de arreglos presentan un patrón de radiación horizontal con una amplitud de los  $65^\circ$  a los  $90^\circ$  en el punto de potencia media (  $-3\text{dB}$  ) del lóbulo principal, dependiendo como se oriente el arreglo de dipolos internos.

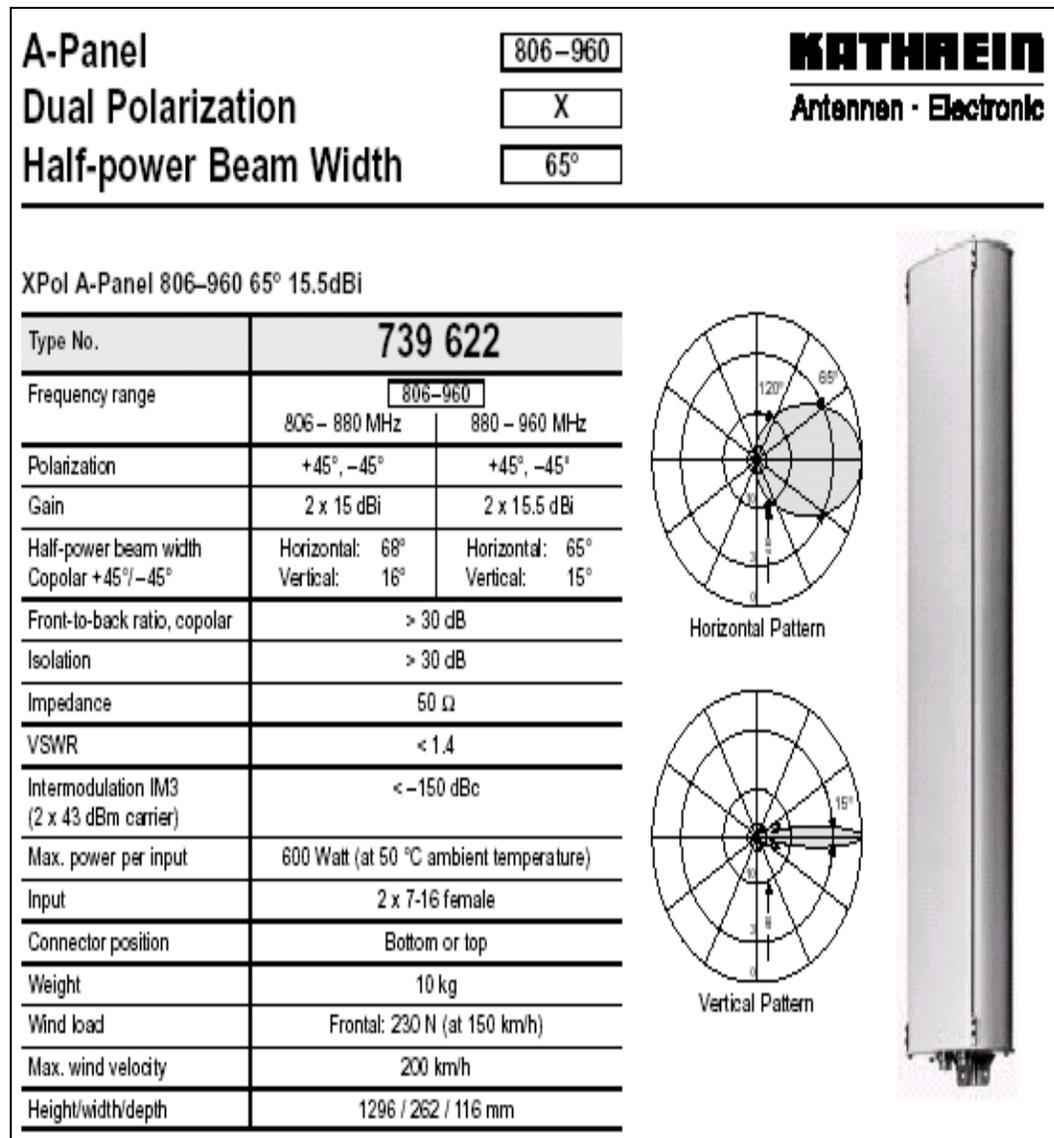
En la figura siguiente se ejemplifica lo dicho anteriormente.



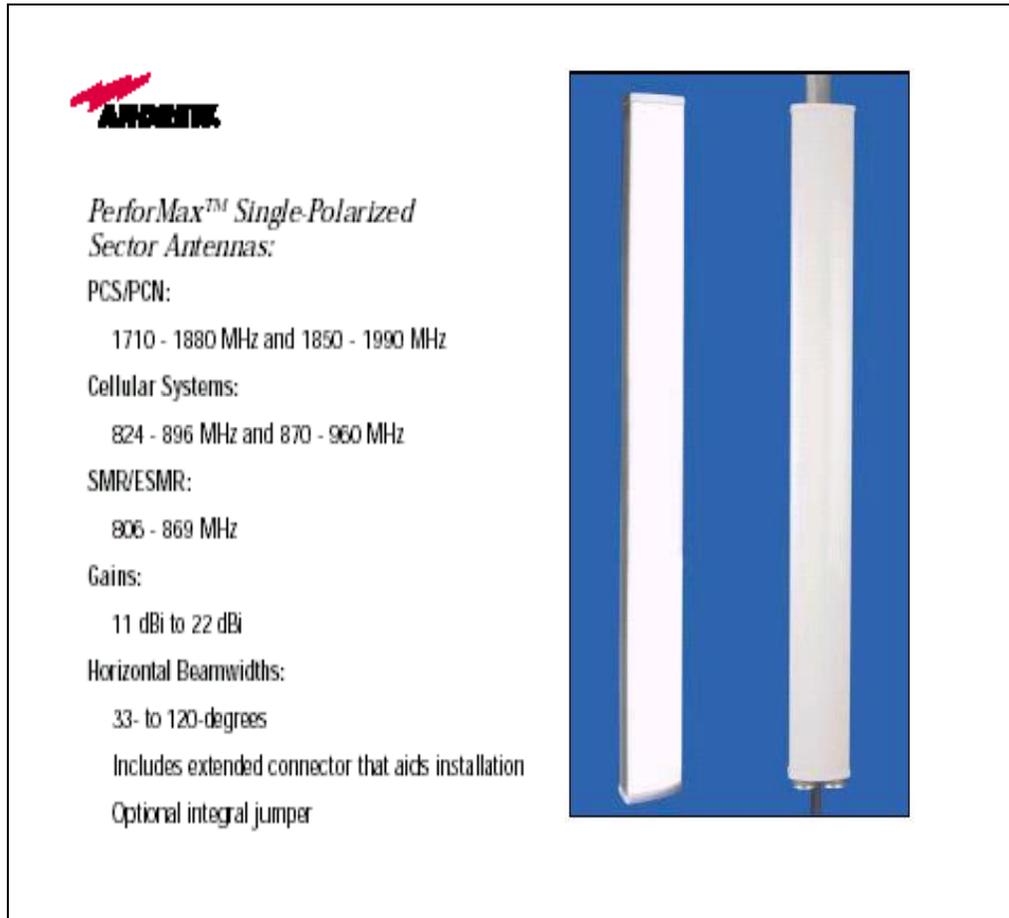
**FIGURA 15** Arreglo interno de dipolos para una antena sectorizada con diseño de polarización cruzada.

A continuación se describen las características técnicas de algunas de las antenas usadas por los operadores móviles en nuestro país:

En las **figuras 16 y 17**, se muestra la hoja de especificaciones técnicas para las antenas de la marca Kathrein y Andrew usadas por los operadores móviles que operan en la banda de los 800 y 900MHz[ 5 ].



**FIGURA 16** Hoja de especificaciones técnicas para el modelo 739 622 de la marca Kathrein.



**FIGURA 17** Hoja de especificaciones técnicas para la serie de antenas Performax de la marca Andrew.

### 2.4.3 Equipos y marcas técnicas usadas

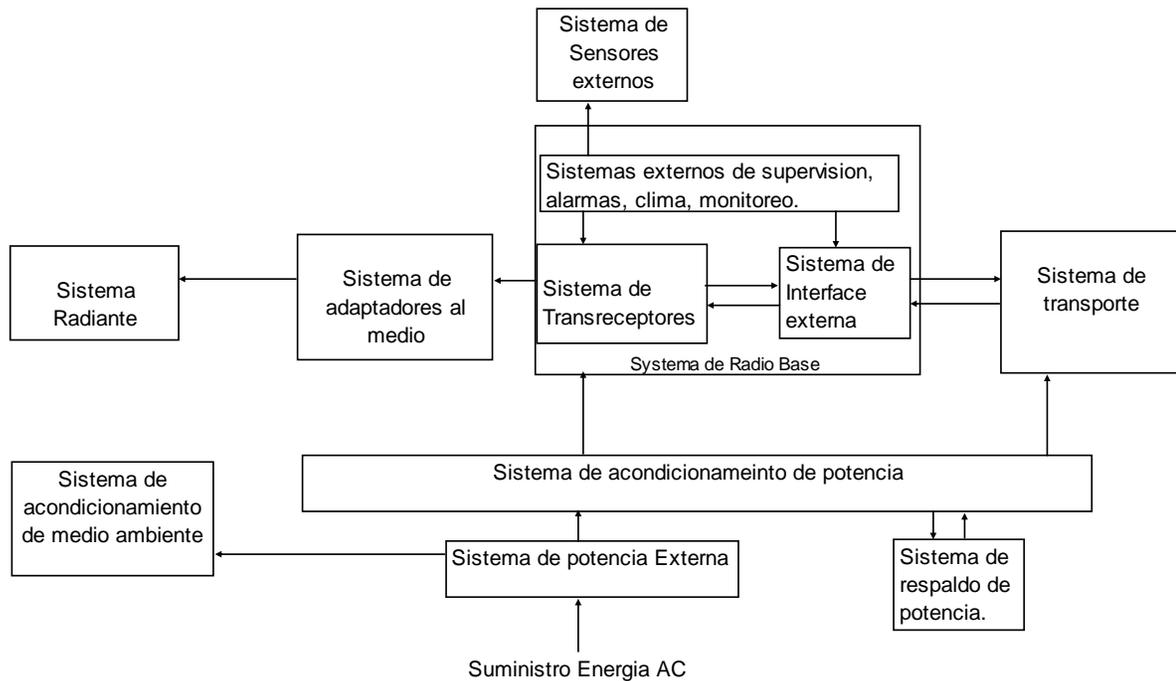
En la **tabla 6** se resumen los proveedores, marcas y clase de equipos para cada uno de los operadores actuales de telefonía celular en El Salvador a la fecha [ 6 ].

**TABLA 6** Proveedores de equipos y tecnología para sistemas móviles

| Operador   | Estandar | Proveedor           | Equipos de Radio Base | Tecnología |
|------------|----------|---------------------|-----------------------|------------|
| Telefonica | CDMA     | Lucent Technologies | Autoplex series II    | Digital    |
| Telemovil  | AMPS     | Ericsson            | RBS 882 Series        | Analogica  |
|            |          |                     | RBS 884 Series        | Digital    |
| DIGICEL    | GSM 900  | Ericsson            | RBS2002 Series        | Digital    |

## 2.4.4 Configuración estándar de estaciones bases

En el diagrama de bloques se presentan los diferentes equipos y sistemas que conforman una estación base[ 7 ].



**FIGURA 18 Diagrama en bloques de la configuración estándar de una estación Base**

### 2.4.4.1 Sistema radiante

Comprende las antenas de transmisión, estas pueden ser antenas sectorizadas u omnidireccionales dependiendo de la configuración del sistema.

### 2.4.4.2 Sistema de adaptación al medio

Comprende las etapas de filtrado necesario para limitar interferencias y eliminar las bandas adyacentes no deseadas, también proporcionan funciones de combinación de señales de transmisión y recepción con el fin de minimizar la cantidad de radio cables desde y hacia las antenas. Algunos sistemas también pueden incluir pre-amplificadores de bajo ruido para compensar las pérdidas de transmisión y brindar ecualización a la señal. Opcionalmente puede incluir las tareas de supervisión de los niveles de onda reflejada y estacionaria.(VSWR).

### 2.4.4.3 Transreceptores

Son los encargados de las funcionalidades relacionadas a los radios. Amplifican y procesan la señal para y desde los móviles.

#### **2.4.4.4 Sistema de interfase externa**

Promocionan las funciones de control, señalización, sincronización y distribución de la información al interior de la radio base. Es la encargada de dialogar directamente con la central de control de las radio bases, por lo que soporta los protocolos necesarios para garantizar un buen desempeño en el intercambio de información.

#### **2.4.4.5 Sistema de Transporte**

Establece el medio de comunicación entre la estación base y la central de conmutación. Generalmente puede estar constituido por un radio enlace de microondas, pero puede ser cualquier dispositivo de transmisión de datos que proporcione las velocidades básicas de transmisión de acuerdo a las necesidades del sistema.

#### **2.4.4.6 Sistemas de acondicionamiento de potencia**

Proporcionan la potencia DC necesaria para el funcionamiento de todos los equipos de la radio base, generalmente se encuentran construido por varias etapas rectificadoras con el fin de prestar redundancia en el caso de que alguna de ellas falle. Opcionalmente banco de baterías son instalados como respaldo de energía en el caso de falla en el suministro comercial.

#### **2.4.4.7 Sistemas de potencia externo**

Constituido por toda la infraestructura eléctrica necesaria para asegurar un suministro ininterrumpido de potencia. Opcionalmente plantas eléctricas de arranque automático pueden ser instaladas para aumentar el tiempo de operatividad de la estación en el caso de fallas largas en el suministro de energía.

#### **2.4.4.8 Sistemas de acondicionamiento del medio ambiente**

El propósito principal de este sistema es el de mantener un nivel de temperatura y humedad adecuado al interior de la estación, con el fin de mantener un intercambio adecuado del calor producido por los equipos que constituyen la radio base y equipos auxiliares.

#### **2.4.4.9 Sistemas de sensores externos**

No forman parte de integral de la radio base, pero proporcionan funciones de monitoreo del clima, niveles de temperatura y otras funciones relacionadas a la seguridad del compartimiento de equipos.

### **2.5 ENLACES DE RADIO MICROONDAS ( RF )**

Los enlaces de radio frecuencia ( RF ) son los encargados de transportar la información necesaria para el control de todos los dispositivos y equipos dentro de la estación base [ 8 ], la mayoría de estos enlaces están hechos a frecuencias del orden de los Gigahertz.

Para hacer un enlace de RF se deben de tomar en cuenta al menos las siguientes consideraciones:

1. Estudio de línea vista entre los sitios del enlace.

2. Distancia del enlace.
3. Frecuencia del enlace.
4. Capacidad del sistema.

### **2.5.1 Estudio de línea vista**

El estudio de línea vista es de vital importancia para determinar si es posible la realización del enlace entre ambos sitios, si no hay línea vista no hay enlace. Así como también nos define la altura y ubicación de las antenas en la torre, la cantidad de guía de onda a utilizar en el enlace y conocer las características del terreno.

### **2.5.2 Distancia del enlace**

Parte de las características de la potencia de salida del radio de transmisión dependen de la distancia del enlace, así como también la parte del estudio de las pérdidas de propagación en el medio.

### **2.5.3 Frecuencia del enlace**

La frecuencia del enlace nos sirve para determinar primeramente el tipo de guía de onda a utilizar, que con la cantidad nos sirve para calcular las pérdidas en la guía de onda, también nos define junto con la potencia de transmisión el tipo y marca del radio que se va a utilizar en el enlace.

### **2.5.4 Capacidad del sistema**

Esta es quizás la parte más importante a considerar, pues de los requerimientos de la capacidad del sistema depende la funcionalidad eficiente del enlace.

### **2.5.5 Estructura básica de un sistema de microondas**

Los componentes básicos de un sistema de radio frecuencia son los siguientes:

1. Antenas
2. Guía de onda
3. Conectores acopladores
4. Radio.

#### **2.5.5.1 Antenas**

Una antena es un sistema conductor metálico capaz de recibir y radiar ondas electromagnéticas. Esta se utiliza como la interfase entre el transmisor y el espacio libre o el espacio libre y el receptor. Una antena es un dispositivo recíproco pasivo; pasivo en cuanto en la realidad no puede amplificar una señal y recíproco en cuanto a que las características de transmisión y recepción son idénticas.

#### **2.5.5.2 Parámetros de una antena**

Los parámetros de la antena son muy importantes para el buen funcionamiento de un sistema de RF. Entre los parámetros más importantes a definir en una antena tenemos: la ganancia, el ancho de banda y la polarización.

### 2.5.5.3 Ganancia

La ganancia de una antena parabólica ( referida a una antena isotrópica ) se puede definir mediante la siguiente formula

$$G = 10 \log ( \eta \cdot A \cdot 4\pi / \lambda^2 ) \quad [\text{dbi}]$$

Donde:

G es la ganancia de la antena

$\eta$  es la eficiencia de la antena ( típicamente 0.5 – 0.6 )

A es el área del plato de la antena

$\lambda$  es la longitud de onda

La formula anterior se puede reinscribir usando el diámetro de la antena d [ m ] y la frecuencia del enlace f [ GHz ]

$$G = 10 \log \eta + 20 \log ( d * f ) \quad [\text{dbi}]$$

### 2.5.5.4 Ancho de banda

Se define como el rango de frecuencias sobre las cuales la operación de la antena es satisfactoria, esto por lo general se toma entre los puntos de media potencia, pero a veces se refiere a la variación de la impedancia de entrada de la antena, donde la impedancia de entrada de la antena no es más que la relación de voltaje de entrada de la antena con la corriente de entrada.

### 2.5.5.5 Guías de onda

En esencia una guía de onda es un tubo metálico conductor por medio del cual se propaga energía electromagnética de alta frecuencia, por lo general entre una antena y un transmisor y el espacio libre o entre el espacio libre y un receptor. Una guía de onda así como una línea de transmisión, se usa solo para interconectar eficientemente una antena con un transceptor.



**FIGURA 19** Guía de onda ovalada.

### 2.5.5.6 Radios

Los radios son prácticamente la parte fundamental de un sistema de RF su función es generar la transmisión o recepción de información según sea el punto donde se encuentren, estos sirven como acopladores de una señal electromagnética en el espacio a una señal eléctrica en acopladores a 75  $\Omega$  tipo BNC o TNC según el radio.

Al momento de escoger un radio para un enlace hay que tomar en cuenta los siguientes factores: frecuencia de operación, requerimientos de capacidad de transporte de tributarios, potencia máxima de transmisión. En nuestro medio según los requerimientos, las marcas de radios mas usados por los diferentes operadores son: NERA, HARRIS, GLENAYRE, MICRO STAR, MDL y MINILINK entre otros.

La funcionalidad óptima de un sistema de radio enlace depende del estudio de propagación que se desarrolle en la etapa previa a la ejecución del enlace. De donde se tiene que la ganancia del sistema tiene que ser mayor o igual que la suma de todas las ganancias y pérdidas incurridas por una señal conforme se propaga de un transmisor a un receptor. Matemáticamente la ganancia del sistema es:

$$G_S = P_T - C_{MINIMA}$$

Donde:

$G_S$  es la ganancia del sistema [ db ]

$P_T$  es la potencia de salida del transmisor [ dbm ]

$C_{MINIMA}$  es la potencia mínima de entrada del receptor [ dbm ]

Y donde:

$$P_T - C_{MINIMA} \geq \text{pérdidas} - \text{ganancias}$$

Ganancias:

$A_T$  es la ganancia de la antena transmisora ( db ) relativa a un radiador isotrópico.

$A_R$  es la ganancia de la antena receptora ( db ) relativa a un radiador isotrópico.

Perdidas:

$L_P$  pérdida de la trayectoria de espacio libre entre las antenas ( db )

$$L_P \text{ (db)} = 32.45 + 20\log f \text{ (MHz)} + 20\log d \text{ (Km)}$$

$L_F$  pérdida del alimentador de guías de onda ( db ) entre la red de distribución ( red combinada de canales o red de separación de canales ) y su antena respectiva.

$F_M$  margen de desvanecimiento para un determinado objetivo de confiabilidad.

Matemáticamente la Ganancia del sistema es :

$$G_S = P_T - C_{MINIMA} \geq F_M + L_P + L_F - A_T - A_R$$

Donde todos los valores están expresados en db ó dbm. Debido a que la ganancia del sistema expresa una pérdida neta, las pérdidas están expresadas en un valor de db positivo y las ganancias están expresadas en un valor de db negativo.

## 2.6 CONSIDERACIONES DE RADIACION

### 2.6.1 Campos Eléctricos y Magnéticos

La propagación de ondas en el espacio libre se dan a través de campos electromagnéticos, y en el extenso campo de las telecomunicaciones todos los tipos de transmisores que irradian energía, ya sean transmisores de radio, televisión, telefonía celular, etc. Producen campos electromagnéticos a los cuales estamos expuestos en cualquier parte del medio aunque no los podamos percibir.

Para el caso necesitamos un método para poder hacer predicciones de los campos de RF y de los niveles de densidad de potencia en el entorno de las estaciones base de telefonía celular las cuales son nuestro principal interés.

### 2.6.2 Modelos de predicción de pérdidas de propagación

Varios modelos empíricos han sido sugeridos y usados para predecir las pérdidas de trayectoria. Discutiremos dos modelos ampliamente usados; el modelo de Hata-Okumura y el modelo de Walfisch-Ikegami [ 3 ].

#### 2.6.2.1 Modelo de Hata-Okumura

Muchas de las herramientas de propagación usan una variación del modelo de Hata, el cual es una relación empírica derivada de un reporte técnico hecho por Okumura. Tal que los resultados pueden ser usados en herramientas con computadoras. Las siguientes son las expresiones usadas en el modelo de Hata para determinar las pérdidas de trayectoria en el medio. El modelo de Hata es aplicable a zonas urbanas, sub-urbanas y en medios abiertos. La siguiente ecuación es la que se utiliza para zonas urbanas.

$$L_B = 69.55 + 26.16 \log f - 13.82 \log h_T - a(h_M) + (44.9 - 6.55 \log h_b) \log R \quad [\text{db}]$$

Donde:  $L_B$  = pérdidas de trayectoria en el medio [ db ]  
 $f$  es la frecuencia en MHz.  
 $h_T$  es la altura de la antena en la torre de la estación base. [ m ]  
 $a(h_M)$  es el factor de corrección para la antena del móvil [ db ]  
 $R$  es la distancia entre la estación base y el móvil [ Km ]

#### 2.6.2.2 Modelo de Walfisch-Ikegami ( COST – 231 )

Este modelo ( conocido como Comité Europeo de Científicos y Tecnología [COST ] 231 ) es usado para estimar las pérdidas de trayectoria en un medio urbano para comunicación celular. El modelo es una combinación de modelos empíricos y determinísticos para la determinación de pérdidas de trayectoria en un medio urbano usado para un rango de frecuencia de 800 a 2,000 MHz. Este modelo fue usado primeramente en Europa por sistemas GSM y en algunos modelos de propagación en Estados Unidos. El modelo contiene tres elementos: pérdidas en espacio libre, difracción entre el cielo y suelo y pérdidas dispersas, y pérdidas multipantalla (es decir difracción y dispersión desde otras estructuras). Las expresiones usadas en el modelo son:

$$L_B = L_F - L_{RTS} - L_{MS}$$

ó

$$L_B = L_F \text{ cuando } L_{RTS} + L_{MS} < 0$$

Donde:  $L_F$  = pérdidas en espacio libre  
 $L_{RTS}$  = pérdidas por difracción y dispersión entre el cielo y el suelo  
 $L_{MS}$  = pérdidas por multipantalla.

Los parámetros que intervienen en el método de predicción son:

$h_B$  : Altura sobre el suelo de la antena de la estación base( m )

$h_M$  : Altura sobre el suelos de la antena del móvil.( m )

$H_R$  : Altura media de los edificios ( m )

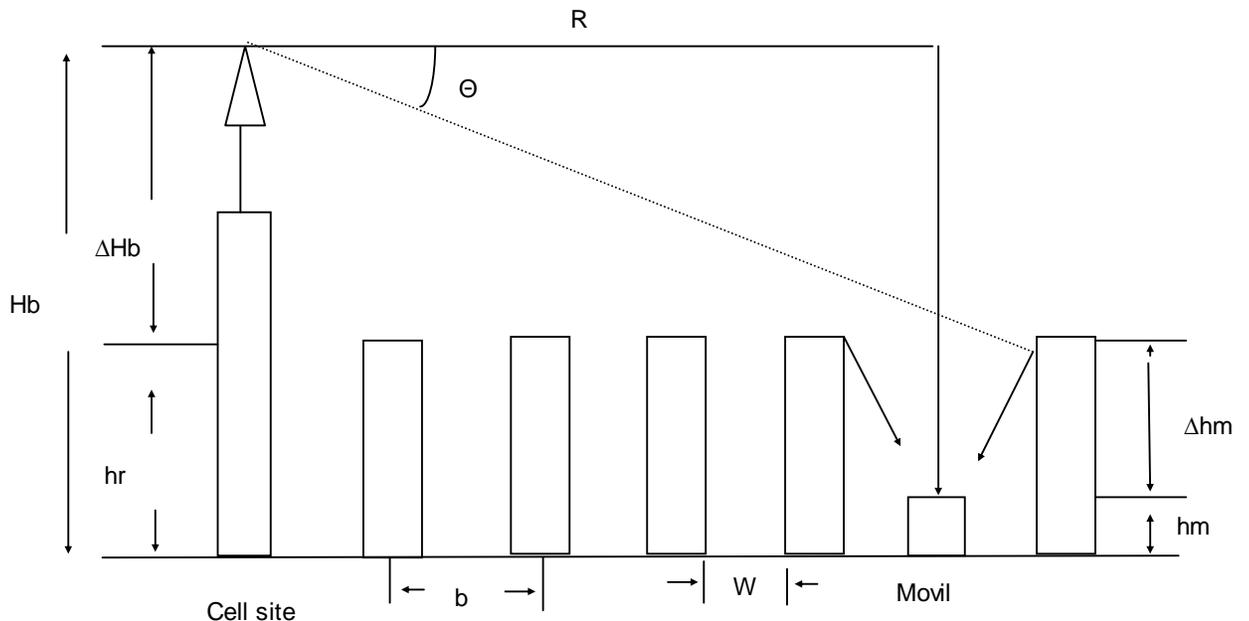
$W$  : Anchura de la calle donde se encuentra el móvil( m )

$b$  : Anchura entre centros de edificios( m )

$\alpha$  : Angulo de inclinación del rayo.( grados )

$\Delta h_B = h_B - h_R$  : Altura de la antena de estación base sobre la altura media de los edicios circundantes( m ).

$\Delta h_R = h_R - h_M$  : Altura media de los edificios sobre la altura de la antena del móvil ( m ).



**FIGURA 20 Modelo de propagación Walfisch-Ikegami.**

Las pérdidas en espacio libre vienen dadas como:

$$L_F = 32.4 + 20 \log R + 20 \log f \text{ [ db ]}$$

Las pérdidas por difracción y dispersión vienen dadas como:

$$L_{RTS} = -16.9 - \log W + 10 \log f + 20 \log \Delta h_R + L_O \quad [ \text{db} ]$$

Donde:

$W$  = ancho de la calle y  $\Delta h_R$  es la diferencia entre  $h_R$  y  $h_M$  [ m ]

$$L_O = -9.646 \text{ db para } 0 \leq \emptyset \leq 35 \text{ grados}$$

$$L_O = 2.5 + 0.075 \cdot 9 (\emptyset - 35) \text{ db para } 35 \leq \emptyset \leq 55 \text{ grados}$$

$$L_O = 4 - 0.114 (\emptyset - 55) \text{ db para } 55 \leq \emptyset \leq 90 \text{ grados}$$

Donde:  $\emptyset$  es el Angulo incidente relativo a la calle.

Las pérdidas por multipantalla es una estimación de la difracción multiobstáculo que experimenta el rayo entre la antena transmisora y el edificio próximo al receptor, su valor es:

$$L_{MS} = L_{BSH} + k_A + k_D \log R + k_F \log f - 9 \log b$$

Donde:

$b$  = distancia entre edificios a lo largo de la trayectoria

$$L_{BSH} = -18 \log (1 + \Delta h_B), \text{ si } \Delta h_B < 0$$

$$L_{BSH} = 0$$

$$k_A = 54, \text{ para } \Delta h_B > 0$$

$$k_A = (54 - 0.8 \Delta h_B), \text{ para } \Delta h_B < 0 \text{ y } R > 0.500 \text{ Km}$$

$$k_D = 18, \text{ para } \Delta h_B > 0$$

$$k_D = 18 - (15 \Delta h_B / h_R), \text{ para } \Delta h_B > 0$$

$$k_F = -4 + 0.70 \left( \left( \frac{f}{925} \right) - 1 \right) \text{ para ciudades de tamaño medio y zonas}$$

suburbanas con densidad de vegetación moderada.

### 2.6.3 Ecuación para la predicción de campos de RF

Por ejemplo, en el caso de la potencia radiada por una antena [ 9 ], una predicción de la densidad de potencia para campo lejano puede ser hecha fácilmente haciendo uso de la siguiente formula:

$$S \doteq \frac{P \cdot G}{4 \cdot \pi \cdot R^2} \quad \equiv \quad \frac{PIRE}{4 \cdot \pi \cdot R^2}$$

Donde :  $S$  = Densidad de potencia [ mW / cm<sup>2</sup> ]

$P$  = Potencia de entrada a la antena [ mW ]

$G$  = Ganancia de la antena en la dirección de interés relativa a un radiador isotrópico.

$R$  = Distancia a las antenas [ cm ]

$PIRE$  = Potencia Isotropica Equivalente radiada por la antena [mW].

Para un caso particular para encontrar PIRE debemos conocer los siguientes parámetros.

$$PIRE = P_{IN} + G_A - L_L - P_C - P_{CO} - P_D \quad [ \text{db} ]$$

Donde:

$P_{IN}$  = Potencia entregada a la antena

$G_A$  = Ganancia de la antena

$P_L$  = Perdidas en el latiguillo

$P_C$  = Perdidas en el cable

$P_{CO}$  = Perdidas en los conectores

$P_D$  = Perdidas de duplexor.

Por lo tanto podemos predecir el valor de densidad de potencia en cualquier punto, pues todos los parámetros que se relacionan en la formula anterior pueden ser conocidos.

#### **2.6.4 Propiedades de los campos electromagnéticos**

Los campos electromagnéticos se propagan como ondas electromagnéticas y viajan a la velocidad de la luz ( $c$ ) y su longitud de onda ( $\lambda$ ) es proporcional a la frecuencia. Si la distancia a la fuente del campo es menor que una longitud de onda, se dice que estamos en la región de campo cercano ( esta es la situación habitual de baja frecuencia, hasta los 30KHz). Si la distancia es mayor de una longitud de onda, se aplican las condiciones de campo lejano. Esta distinción entre campos cercano y lejano es muy importante cuando se hacen mediciones. En la región de campo cercano, la relación entre la intensidad del campo eléctrico  $E$  y la intensidad de campo magnético  $H$  no es constante, por lo que deben medirse por separado. Sin embargo, en la región de campo lejano basta medir uno de estos dos parámetros, ya que la relación entre ambos es una constante conocida.

#### **2.6.5 Técnicas para la automatización de los recursos radioelectricos**

##### **2.6.5.1 Asignación dinámica de canales**

En una célula determinada puede haber congestión de tráfico, mientras que una adyacente puede haber canales libres que podrían ser prestados. Cabe pensar en alguna manera de efectuar esta operación. La asignación dinámica de canales se basa en que en las comunicaciones interviene siempre la estación base, cuyo control lo efectúa un ordenador, en cuya memoria se registra que frecuencias están utilizándose y por quien están siendo utilizadas, por lo que pueden asignarse canales a los móviles en forma dinámica, por demanda, de la reserva de canales no activos que estarían disponibles. Así pues, el principio general de la asignación dinámica es que cualquier canal puede ser utilizado en cualquier célula.

La búsqueda de canales libres se puede hacerse al azar o siguiendo alguna estrategia de asignación preestablecida. En principio las estaciones base deberán ser capaces de poder sintonizar la totalidad de los  $C$  canales disponibles y no solo los  $N$  asignados a la célula.

Actualmente los estándares modernos en uso como GSM, TDMA y CDMA usan diferentes algoritmos para implementar esta función. Cada algoritmo es diseñado para operar bajo una tecnología específica de acuerdo a las funcionalidad del hardware de un fabricante en específico. Por ejemplo versiones del Standard GSM implementado por la firma Ericsson utiliza un algoritmo llamado “Frequency Hopping” para reasignar los canales no activos( “IDLE” mode) hacia otros sectores los cuales se encuentran

completamente saturados en momentos de alta densidad de tráfico. CDMA implementado por Lucent Technologies utiliza un algoritmo llamado “Hashing” el cual realiza la misma funciones de asignación dinámica de canales. Ciertas implementaciones de TDMA (como AMPS) utiliza un método análogo a los anteriores llamado HCL “ Hierarquical Cell Layer”.

### **2.6.5.2 Controlador Automático de Ganancia ( AGC )**

Un circuito de control automático de ganancia AGC compensa las variaciones menores en el nivel de señal de RF recibida. El circuito de AGC incrementa automáticamente la ganancia del receptor, para los niveles de RF débiles, y reduce automáticamente la ganancia del receptor cuando recibe una señal de RF fuerte.

En algunas tecnologías de telefonía celular como GSM y CDMA los transreceptores no operan a su máxima potencia de transmisión todo el tiempo, si no que en función de las necesidades de los móviles, dependiendo de la distancia entre estos y la estación base, así la potencia de transmisión es ajustada continuamente en los transreceptores, toda esta información es transmitida a través del canal de control desde los móviles los cuales retroalimentan esta información hacia la radio base, la cual responde con un aumento ó una disminución de potencia, esto para mantener un consumo óptimo de energía.

### **2.6.6 Tecnologías de antenas inteligentes**

Las últimas tendencias en comunicaciones móviles, principalmente con la introducción de los sistemas de tercera generación (IMT-2000), apuntan a la utilización de antenas inteligentes para mejorar la calidad, rango y calidad de servicios de las telecomunicaciones así como para ofrecer un mayor número de servicios inalámbricos.

#### **2.6.6.1 Descripción general**

Las antenas inteligentes son múltiples elementos de antena, provistos de sistemas con alta capacidad de procesamiento para optimizar automáticamente los patrones de radiación y/o recepción en respuesta a las condiciones del medio . Esta tecnología se puede utilizar en sistemas de comunicaciones móviles para combatir los fenómenos de propagación y para suprimir señales interferentes, logrando incrementar su desempeño, la capacidad del canal y la eficiencia del espectro electromagnético. Un incremento en capacidad de tres veces para sistemas TDMA (IS-136) y cinco veces para sistemas CDMA (IS-95) han sido reportados en pruebas de ensayo realizadas por importantes grupos de investigación.

#### **2.6.6.2 Funcionamiento**

El proceso de operación de este arreglo de antenas, consiste en ajustar apropiadamente la ganancia y la fase de cada elemento, para enfocar los patrones de radiación y/o recepción en las direcciones de interés, con nulos en otras direcciones. Un sistema de control compuesto de DSPs (Procesamiento Digital de Señales ) de alta velocidad y algoritmos avanzados, está encargado de ajustar adaptativamente los pesos de cada elemento de antena y de procesar en tiempo real la información del medio RF. Esto permite a las antenas inteligentes extender el rango de cobertura, direccionar los haces para rastrear móviles y compensar la distorsión electrónicamente.

### **2.6.6.3 Consideraciones para el uso de antenas inteligentes**

En muchos núcleos urbanos, los operadores, están adquiriendo más suscriptores de lo que la red puede soportar exigiendo mayor capacidad del canal; es necesario por tanto, hacer rehusó de frecuencias dentro de una misma celda, aprovechando todo el espectro asignado a los servicios móviles sin causar interferencia interna y entre celdas adyacentes. Actualmente el rehusó de frecuencias se hace únicamente entre celdas separadas sin utilizar todo el espectro asignado, y el incremento de la capacidad se hace reduciendo el tamaño de la celda, aumentando considerablemente los costos por las estaciones base adicionales que se requieren.

Las antenas inteligentes son una tecnología que combate los fenómenos de propagación y realiza asignación dinámica de canales dentro de una misma celda para aprovechar óptimamente el espectro electromagnético. Utilizan algoritmos adaptativos para procesar señales de propagación, que les permite identificar las señales deseadas y calcular la dirección de llegada de las señales de recibidas, para luego transmitir en la dirección del terminal móvil con nulos a sus alrededores. Estos mecanismos junto con la técnica SDMA, Acceso Múltiple por División de Espacio, que le da la capacidad de asignar el mismo canal físico simultáneamente a varios usuarios, determinar la posición de los móviles y hacer que las antenas inteligentes, disminuyan los efectos ocasionados por los fenómenos de propagación, mejorando la calidad de la señal y aumentando la capacidad en los sistemas celulares.

### **2.6.6.3 Estudios científicos y proyecciones del uso de antenas inteligentes**

Alrededor del mundo, han sido muchos grupos de investigación que han aportado al desarrollo de esta tecnología: Smart Antenna Research Group of Stanford University SARG, Mobile and Portable Radio Research Group of Virginia Tech MPRG, Center for Communications Research University of Bristol, entre otros . La compañía ERICSSON en convenio con una operadora de servicios GSM1800 alemana equipó tres estaciones bases con antenas inteligentes y reportaron gran cubrimiento en sus pruebas. La compañía canadiense NORTEL se ratificó como la primera en implementar antenas inteligentes para sistemas GSM. ALCATEL en cooperación con la Universidad de Viena están realizando pruebas para evaluar los diseños de sus antenas inteligentes. Aunque no existen redes comerciales, los fabricantes y operadores anuncian la llegada para el próximo año en Europa, los Estados Unidos y Canadá, posteriormente, en unos 3 años en América Latina.

## **2.7 Conclusiones Capítulo II**

- Uno de los factor que a permitido el éxito a los sistemas móviles actuales respecto al modelo originalmente concebido, radica principalmente en la introducción del concepto celular de cobertura, donde estaciones de transmisión de potencia reducida cubren áreas menores, permitiendo así establecer planes de rehúso de frecuencias mediante el empleo de una estrecha banda de frecuencias, permitiendo así multiplicar la capacidad del sistema por medio de la elección adecuada del tamaño de celda en el área de cobertura.
- Aunque existen actualmente muchas tecnologías de telefonía móvil, es interesante destacar que todas comparten los mismos principios originales de la filosofía celular,

- estructura que se mantiene invariante hasta hoy, permitiendo la especialización de cada componente del sistema por separado lo que ha beneficiado enormemente el desarrollo de dichas tecnologías.
- Es importante notar que los sistemas de predicción de pérdidas de propagación, a pesar de haber sido desarrollados varias décadas atrás, estos se siguen utilizando en los diseños actuales de los sistemas de telefonía celular.

## 2.8 Bibliografía Capitulo II

- ◆ [ 1 ] SIGET, Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones.  
División de Registros  
[http://: www.siget.gob.sv](http://www.siget.gob.sv)
- ◆ [ 2 ]-The International Engineering Consortium.  
  
[http://: www.iec.org](http://www.iec.org)
- ◆ [ 3 ] José María Hernado Rábanos. Transmisión por radio.  
Segunda edición.  
Colección ETSI de Telecomunicación (U.P.M)  
Editorial Centro de Estudios Ramón Areces. S.A.
- ◆ [ 4 ]-GODARA, Lal. Applications of Antennas Arrays to Mobile Communications, Part 1, Performance Improvement, Feasibility, and System Considerations  
Proc. IEEE, Jul 1997. Pag. 1028 – 1057.  
-CARDAMA AZNAR, Angel et al. Antenas, Mexico D.F  
Alfa y Omega: 2000 pag. 15 – 17  
ISBN 970 – 15 – 0454 – 2.
- ◆ [ 5 ]-Technical Information and Products  
Cellular System  
Kathrein Antennas Electronics  
[http://: www.kathrein.com](http://www.kathrein.com)  
-Base Stations Antennas  
[http://: www.andrew.com](http://www.andrew.com)
- ◆ [ 6 ][http://: www.ericsson.com.sv](http://www.ericsson.com.sv)
- ◆ [ 7 ]-GSM RBS 2000 Ericsson MX.1999  
-GSM System Survey. EN / LZT 1233321 R3B.
- ◆ [ 8 ]Planning of Line – of – Sigth  
Radio Relay System  
Ingvar Henne and Per Thorvaldsen  
Second Edition NERA 1999.
- ◆ [ 9 ] Bulletin OET 65. Evaluating Compíance with FCC Guidelines for Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields. Supplement C.  
Edition 97-01.
- ◆ WINTERS, Jack. Smart Antennas for Wireless Systems, IEEE PERSONAL COMMUNICATIONS, Feb 1998. p. 23-27
- ◆ WINTERS, Jack. The impact of Antenna Diversity on the Capacity of Wireless Communications System, IEEE Trans. Com. April 1994. 18p

- ◆ [http://: www.webproforum.com](http://www.webproforum.com)
- ◆ [http://: www.iec.com](http://www.iec.com)
- ◆ [http://: www.openwirelessdata.org/imt2000.htm](http://www.openwirelessdata.org/imt2000.htm)
- ◆ [http://: www.project-sunbeam.org/docs/list.htm](http://www.project-sunbeam.org/docs/list.htm)

**CAPITULO III**

**“Desarrollo del método de medición de niveles  
de densidad de potencia y análisis de  
resultados”**

## **Introducción**

Hasta la fecha se han mencionado las generalidades de la telefonía celular, su historia en lo que respecta a la evolución que esta a experimentado en nuestro país en la última década , ahora nos enfocamos en la parte mas importante de este estudio que como su nombre lo dice, es donde haciendo uso del estándar C.95-edición 1999 de la IEEE fijamos los valores máximos permisibles de exposición en el ser humano para luego compararlos con los valores reales obtenidos de las diferentes mediciones realizadas en la zona metropolitana de San Salvador, con el fin de determinar si las operadoras de telefonía celular en El Salvador en la banda de los 800MHz y 900 MHz, no sobrepasan limites de seguridad especificados en dicha norma, es de tomar muy en cuenta que hasta la fecha no se tiene conocimiento de que estudios de esta naturaleza se hallan llevado a cabo en alguna parte de nuestro país o que alguna entidad gubernamental o privada se halla preocupado por ello, tomando en cuenta que lo que está en juego es la salud de todos nosotros.

Por lo que con los resultados que se obtengan al final del estudio se puede sentar un precedente real acerca del estado de los niveles de los campos electromagnéticos de RF actuales y que pueden servir como base para el desarrollo de estudios posteriores. Además se presenta el desarrollo del método que se a utilizado en el análisis e interpretación de los resultados y también un mapa radioeléctrico en el cual se han ubicado los puntos de densidad de potencia medidos y también las estaciones base de cada operador en estudio.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Determinar si los operadores de telefonía celular en El Salvador en la banda de los 800MHz y 900MHz no sobrepasan los limites de exposición máximos permisibles establecidos en las normas internacionales de seguridad.

### **Objetivos Específicos**

- ◆ Desarrollar un método práctico para la determinación de los niveles de Densidad de Potencia acorde a los recursos disponibles.
- ◆ Fijar un precedente sobre los niveles de densidad de potencia reales medidos en la zona metropolitana de San Salvador.
- ◆ Que el estudio sirva como base para desarrollar un trabajo mas completo a nivel nacional.

## **3.0 BASES DEL ESTUDIO**

### **3.1 Normas de seguridad para la exposición a campos electromagnéticos de RF**

Existen recomendaciones de seguridad internacional sobre la exposición del publico a la radiación de campos electromagnéticos de RF producidos por las antenas de las estaciones base de telefonía móvil[ 1 ]. Entre estas las normas más ampliamente aceptadas son las desarrolladas por es Instituto de Ingenieros Electricistas y Electrónicos ( Institute of Electrical and Electronics Engineers ) y el Instituto Nacional de Normativa

de Estados Unidos ( American National Standards Institute ) ( **IEEE / ANSI** ), la Comisión Internacional para la Protección contra la Radiación No Ionizante ( International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection , **ICNIRP** ) y el Consejo Nacional de Protección Radiológica y Medidas de Estados Unidos ( National Council on Radiation Protection and Measurements, **NCRP** ).

Estas normas utilizan el parámetro de Densidad de Potencia para expresar sus niveles máximos de exposición, sus unidades son  $\text{mW} / \text{cm}^2$  (miliwatts por centímetro cuadrado). Para una frecuencia de 900MHz la norma ANSI/IEEE para exposición al público en general fijan un valor de  **$0.57 \text{ mW} / \text{cm}^2$** , las normas ICNIRP son ligeramente más bajas y las de NCRP son idénticas. En 1996 la Comisión Federal de Comunicaciones de Estados Unidos ( U.S. Federal Communications Commission, **FCC** ) publicó guías sobre las normas que ellos regulan, incluyendo antenas de estaciones base de telefonía móvil, las cuales eran idénticas a la norma de ANSI/IEEE.

### **3.1.1 Norma de seguridad utilizada para el estudio**

Como todo estudio por su naturaleza para tener validez necesita hacerse bajo las recomendaciones de una entidad que tenga reconocimiento y credibilidad internacional, con el hecho de que las conclusiones que de este se determinen tengan dicha credibilidad. Para nuestro caso que es la medición de los niveles de los campos electromagnéticos y su estado con respecto a normas internacionales, nos hemos basado en el estándar de la IEEE el cual lleva como título **Estándar de la IEEE para los Niveles de Seguridad con Respecto a la Exposición Humana para Campos Electromagnéticos de Radio Frecuencia, de los 3kHz a los 300GHz ( C95.1 Edición 1999)**. Dicho estándar nos recomienda los niveles de exposición máximos permisibles (MPE) recomendados en el ser humano y las condiciones en las que estos se dan.

### **3.1.2 Evolución del estandar C95.1 Edición 1999**

En 1960 la Asociación de Estándares Americanos aprobó la iniciación de los estándares referentes a los riesgos debido a la radiación, esto bajo el patrocinio del departamento de la Armada y la IEEE. La IEEE estudia, investiga y establece recomendaciones de acuerdo a las normas de seguridad de la ANSI (American National Standards Institute) que requieren que cada uno de estos estándares sean revisados en intervalos de 5 años.

En 1982 revisiones extensivas de estantales anteriores fueron introducidos y concentrados dentro del Standard ANSI C95.1-1982 basada en las nuevas técnicas de la mejorada dosimetría que define los límites de la frecuencia y la densidad de campo electromagnético que el ser humano puede tolerar sin causar daño alguno. El uso del SAR ( Índice de Absorción Específico ) como parámetro básico de dosimetría permite la formación de reglas de exclusión.

La nueva revisión en 1991 del Estándar (C95.1991), incluye una cobertura de frecuencia más amplia, se han hecho extensivas modificaciones de el tiempo promedio para determinar los límites de exposición permisible. Para bajas frecuencias, nuevos límites de corrientes inducidas y de contacto han sido introducidas para prevenir choques de RF ó quemaduras, además prescribe límites de exposición máxima permisible para prevenir daños biológicos. En adición a estos cambios se agrega el reconocimiento entre medio controlado y medio no controlado, guías para exposiciones de campo cercano total

y parcial del cuerpo. Nuevamente el Estándar C95-1991 es sometido a una nueva revisión, una recopilación de varias ediciones consideradas importantes son aprobadas para formar un suplemento, el cual lleva como título IEEE C95.1a - 1998, el cual más tarde sería incorporado al IEEE C95.1 - 1991 para crear el presente Estándar IEEE C95.1 Edición 1999.

Esta nueva edición modifica los límites de las corrientes inducidas y de contacto, especifica campos eléctricos bajo los cuales las corrientes inducidas y de contacto no han sido determinadas, modifica los requerimientos de medición de distancia y proporciona definiciones más precisas para promedio espacial, volumen promedio y potencia radiada aplicada a cables manuales.

### 3.1.3 Exposición máxima permisible ( MPE )

#### 3.1.3.1 Exposición Máxima Permisible en Medios Controlados

Para la exposición humana por radio frecuencia entre el nivel de los 3kHz y 300GHz en medios controlados, la MPE en términos de campos Eléctricos ( E ), campos Magnéticos ( H ), Densidad de Potencia ( S ) y Corrientes Inducidas ( I ) se da como una función de la frecuencia como se muestra en la **tabla 7**[ 1 ]. Las exposiciones asociadas con medios controlados son aquellas en las que el individuo están concientes de dicha exposición, la cual se puede dar en el lugar de trabajo, donde los análisis muestran que los niveles de exposición sobrepasan los niveles que se muestran en la **tabla 9**, pero no exceden los niveles de la **tabla 7**.

**TABLA 7 Exposición Máxima Permisible para medios controlados**

| Rango de Frecuencias ( MHz ) | Magnitud de Campo Eléctrico ( E ) ( V / m ) | Magnitud de Campo Magnético( H ) ( A / m ) | Densidad de Potencia ( S ) Campo-E,campo H ( mW / cm <sup>2</sup> ) | Tiempo promedio  E  <sup>2</sup> ,  H  <sup>2</sup> o S ( min. ) |
|------------------------------|---|--|---|--|
| 0.003 – 0.1                  | 614   | 163  | (100, 1000000)  | 6  |
| 0.1 – 3.0                    | 614   | 163 / f                                    | (100,10000 / f <sup>2</sup> )                                       | 6  |
| 3 - 30                       | 1814 / f                                    | 163 / f                                    | (900/ f <sup>2</sup> ,10000/ f <sup>2</sup> )                       | 6  |
| 30 - 100                     | 61.4  | 163 / f                                    | (1.0,10000 / f <sup>2</sup> )                                       | 6  |
| 100 - 300                    | 61.4  | 0.163                                      | 1.0   | 6  |
| 300 - 3000                   | --  | --   | f / 300   | 6  |
| 3000 – 15,000                | --  | --   | 10  | 6  |
| 15,000 – 300,000             | --  | --   | 10  | 616000 / f <sup>1.2</sup>  |

En el caso que estar interesados en los valores máximos permisibles para medios controlados en este estudio, los valores máximos de Densidad de Potencia permisibles serán los siguientes:

**TABLA 8 Densidad de Potencia máxima permisible en medios controlados**

| Operador de Telefonía | Frecuencia ( MHz ) | Densidad de Potencia ( mW/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------------|--------------------|---|
| Telemovil             | 890.01             | 2.96  |
| Telefónica            | 891.75             | 2.97  |
| DIGICEL               | 959.80             | 3.20  |

### 3.1.3.2 Exposición Máxima Permisible en Medios no Controlados

Para la exposición humana por radio frecuencia entre el nivel de los 3kHz y 300GHz en medios no controlados, la MPE en términos de campos Eléctricos ( E ), campos Magnéticos ( H ), Densidad de Potencia ( S ) y Corrientes Inducidas ( I ) se da como una función de la frecuencia como se muestra en la **tabla 9** [ 1 ]. Las exposiciones asociadas con medios no controlados son aquellas en las que el individuo no tiene ningún conocimiento ni control sobre los niveles de exposición a los que esta siendo sometido a diario, dichos niveles de exposición no deben ser mayores a los que se muestran en la **tabla 9**.

**TABLA 9 Exposición Máxima Permisible para medios no controlados**

| Rango de Frecuencias ( MHz ) | Magnitud de Campo Eléctrico ( E ) ( V / m ) | Magnitud de Campo Magnético ( H ) ( A / m ) | Densidad de Potencia ( S ) Campo-E,campo H ( mW / cm <sup>2</sup> ) | Tiempo promedio  E  <sup>2</sup> ,  H  <sup>2</sup> o S ( min. ) |                         |
|------------------------------|---|---|---|--|-------------------------|
| 0.003 – 0.1                  | 614   | 163   | (100, 1000000)  | 6  | 6                       |
| 0.1 – 1.34                   | 614   | 16.3 / f                                    | (100,10000 / f <sup>2</sup> )                                       | 6  | 6                       |
| 1.34 – 3.0                   | 823.8/ f                                    | 16.3 / f                                    | (180/ f <sup>2</sup> ,10000/ f <sup>2</sup> )                       | f <sup>2</sup> /0.3  | 6                       |
| 3.0 - 30                     | 823.8/ f                                    | 16.3 / f                                    | (180/ f <sup>2</sup> ,10000/ f <sup>2</sup> )                       | 30   | 6                       |
| 30 - 100                     | 27.5  | 158.3 / f <sup>1.668</sup>                  | (0.2,940000/f <sup>3.336</sup> )                                    | 30   | 0.0636f <sup>1.33</sup> |
| 100 - 300                    | 27.5  | 0.0729                                      | 0.20  | 30   | 30                      |
| 300 - 3000                   | --  | --  | f / 1500  | 30   |                         |
| 3000 – 15,000                | --  | --  | f / 1500  | 900000/f   |                         |
| 15,000 – 300,000             | --  | --  | 10  | 616000 / f <sup>1.2</sup>  |                         |

En nuestro caso estamos interesados en conocer los valores máximos permisibles para medios no controlados, los valores máximos de Densidad de Potencia permisibles serán los siguientes:

**TABLA 10 Densidad de Potencia máxima permisible en medios no controlados**

| Operador de Telefonía | Frecuencia ( MHz ) | Densidad de Potencia ( mW/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------------|--------------------|---|
| Telemóvil             | 890.01             | 0.594                                       |
| Telefónica            | 891.75             | 0.595                                       |
| DIGICEL               | 959.80             | 0.640                                       |

## 3.2 CARACTERÍSTICAS RADIOELÉCTRICAS DE LOS ESTANDARES UTILIZADOS EN EL SALVADOR

Las características radioeléctricas de las diferentes tecnologías de comunicación celular utilizadas por cada uno de los operadores de telefonía celular en El Salvador son propias de cada estándar (GSM, CDMA, TDMA)[ 2 ], es decir que existen diferencias bien marcadas entre las características radioeléctricas de estos.

**TABLA 11 Características radioeléctricas**

| <b>Sistema PAIS</b>              | <b>IS – 54 USA</b> | <b>GSM EUROPA</b> | <b>IS - 95 USA</b> |
|----------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| Tecnología de acceso             | TDMA/FDMA          | TDMA/FDMA         | CDMA/FDMA          |
| Bandas de Frecuencia             | 869-894 MHz        | 935-960 MHz       | 869-894 MHz        |
| Ancho de canales                 | 30 KHz             | 200 KHz           | 1230 KHz           |
| Modulación                       | $\pi/4$ DQPSK      | GMSK              | BPSK/QPSK          |
| Potencia Promedio<br>Máxima [MW] | 600/200            | 1000/125          | 600                |
| Velocidad, bit/canal             | 48.6kbps           | 270.83kbps        | 1228.8kbps         |
| Operador                         | Telemóvil          | DIGICEL           | Telefónica         |

Las técnicas de acceso mostradas anteriormente son las utilizadas actualmente por los operadores de telefonía celular en nuestro país, un cambio marcado en estas tecnologías con respecto a los sistemas de la primera generación es el cambio de sistemas analógicos a sistemas digitales.

## 3.3 DESCRIPCION DEL METODO DE ESTUDIO

El método de estudio se basa en la recolección de muestras de mediciones de potencia en el área metropolitana de San Salvador, en la cual están distribuidas un buen número de estaciones base de los tres operadores de telefonía celular en estudio. Dicha medición se realiza utilizando teléfonos celulares programados en el modo de ingeniería, utilizando un teléfono por operador y un equipo de posicionamiento global para medir las coordenadas cartográficas de cada punto. Esto no sin antes haber justificado el utilizar dichos celulares para realizar las mediciones, lo cual se llevo a cabo haciendo pruebas conjuntamente con los celulares y con un analizador de espectro de banda angosta en diferentes puntos de la zona metropolitana de San Salvador para comparar los valores de potencia medidos, y así dependiendo de los resultados validar el hecho de hacer las mediciones de potencia con los teléfonos celulares en la etapa de recolección de datos.

### 3.3.1 Etapas de desarrollo del estudio

Para el desarrollo más eficiente del método de estudio, a continuación se presentan las diferentes etapas en las que se lleva a cabo.

- Etapa de validación del método de recolección de datos.
- Etapa de recolección de datos.

- Etapa de ubicación de las mediciones y estaciones base en un mapa cartográfico.
- Etapa de interpretación y análisis de resultados.
- Conclusiones.

### **3.3.1.1 Etapa de validación del método de recolección de datos**

#### **3.3.1.1.2 Limitantes del proceso de medición**

Primeramente la etapa de recolección de datos se pensó llevarla a cabo haciendo uso de un equipo analizador de espectro, tomando en cuenta que la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de El Salvador no cuenta con un laboratorio especializado en esta área y que el laboratorio con que se cuenta no tiene el equipo necesario para ejecutar proyectos de este tipo, por lo que se plantearon diferentes alternativas para adquirirlo.

1. Por medio de la universidad hacer una solicitud de préstamo a alguna entidad gubernamental que pudiera estar interesada en el desarrollo del estudio.
  2. Rentarlo con fondos propios de los estudiantes que están en el proceso (2).
- La primer posibilidad no se lleva a cabo por los diferentes problemas que se dan en la Universidad, solo el proceso de pasar la solicitud a las autoridades competentes lleva demasiado tiempo.
  - Luego la segunda opción, se descarto cuando se consulto el costo de rentar dicho equipo ( \$ 1,500 por día, más una fianza no especificada ), tomando en cuenta que el proceso de medición es lento y largo esta posibilidad se descarta definitivamente.

Pero el proceso ya había iniciado, no se podía dar marcha atrás, por lo que se buscaron nuevas alternativas para poder llevar a cabo una de las partes fundamentales del estudio, (medición de los valores de potencia). Fue así que consultando con diferentes personas que trabajan en el área de las telecomunicaciones y planteándoles el problema que se tenía con la adquisición del equipo, una de estas propuso una nueva alternativa para llevar a cabo dichas mediciones, la cual fue haciendo uso de teléfonos programados en el modo de ingeniería, esta alternativa aparte de ser más económica también tiene ciertas ventajas sobre el uso del analizador de espectro de las que se mencionan las siguientes:

- No hay necesidad de conocer el plan de rehuso de frecuencias de los operadores en estudio para hacer las mediciones, parte que con el analizador de espectro es necesaria para fijar el ancho de banda de frecuencia de barrido en el que se toma la lectura del valor de densidad de potencia.
- El teléfono celular interactúa constantemente con la radio base para censar cual de los canales presenta la mayor densidad de potencia en el momento de hacer una llamada.
- Los teléfonos celulares vienen programados para trabajar a una frecuencia específica, con lo cual las posibilidades de interferencia con otros servicios al momento de hacer la medición son casi nulas.

Con todo lo anterior solo hace falta ver cuanto difieren las medidas hechas entre el analizador de espectro y los teléfonos celulares programados en el modo de ingeniería, lo cual se presenta a continuación.

### 3.3.1.1.3 Validación técnica del método

Para validar el hecho de llevar a cabo el proceso de recolección de datos con los teléfonos celulares en el modo de ingeniería se procede de la siguiente manera.

- Se escogen puntos en los cuales se llevan a cabo las mediciones con los teléfonos celulares, tomando las lecturas de densidad de potencia y del número de canal al que el teléfono se enlazó en ese momento.
- Al mismo tiempo se procede a tomar la medición haciendo uso del analizador de espectro, fijando la frecuencia de barrido con la frecuencia del canal que midió el teléfono celular, esto para asegurarnos que se está midiendo la potencia del mismo canal, tomando en cuenta que el teléfono celular se enlaza al canal de frecuencia que en ese punto presenta el mayor nivel de potencia.
- Se comparan los valores de potencia, los obtenidos con los celulares y los medidos con el analizador de espectro, esto para estimar la diferencia (el error porcentual) existente entre las mediciones.

Como se puede observar en la siguiente tabla los valores de error calculado para cada uno de los operadores no sobrepasa el 5 %, la cual nos da una diferencia máxima de 5 db en el caso de una medición de 100 db.( que corresponde a una diferencia de densidad de potencia de  $0.00005 \text{ uW/cm}^2$  entre mediciones).

**Tabla 12 Comparación de niveles de densidad de potencia**

| MEDICIONES CON TELEFONOS dbm          |         |            | MEDICIONES CON ANALIZADOR dbm |         |            | PORCENTAJES DE ERROR % |             |             |
|---------------------------------------|---------|------------|-------------------------------|---------|------------|------------------------|-------------|-------------|
| TELEMOVIL                             | DIGICEL | TELEFONICA | TELEMOVIL                     | DIGICEL | TELEFONICA | TELEMOVIL              | DIGICEL     | TELEFONICA  |
| -83                                   | -60     | -70        | -80.25                        | -63.74  | -68.19     | 3.43                   | 6.23        | 2.65        |
| -79                                   | -60     | -75        | -82.20                        | -63.29  | -78.82     | 4.05                   | 5.48        | 5.09        |
| -65                                   | -62     | -70        | -69.40                        | -58.75  | -68.35     | 6.77                   | 5.24        | 2.36        |
| -90                                   | -76     | -71        | -86.10                        | -73.60  | -69.40     | 4.33                   | 3.16        | 2.25        |
| -91                                   | -78     | -66        | -87.50                        | -74.86  | -68.13     | 3.85                   | 4.03        | 3.23        |
| -67                                   | -77     | -79        | -70.45                        | -74.92  | -76.19     | 5.15                   | 2.70        | 3.56        |
| -75                                   | -83     | -76        | -78.30                        | -80.26  | -72.86     | 4.40                   | 3.30        | 4.13        |
| -67                                   | -73     | -68        | -63.60                        | -68.97  | -65.78     | 5.07                   | 5.52        | 3.26        |
| -75                                   | -77     | -77        | -79.85                        | -73.63  | -79.45     | 6.47                   | 4.58        | 3.18        |
| <b>% de error promedio encontrado</b> |         |            |                               |         |            | <b>4.35</b>            | <b>4.02</b> | <b>2.97</b> |

Como podemos observar los porcentajes de error promedio para las tres operadoras no sobrepasa el 5 % . Es de tomar en cuenta que se hicieron pocas mediciones para la etapa de validación por no contar con el equipo analizador de espectro el tiempo suficiente.

### 3.3.1.2 Etapa de recolección de datos.

Una vez validado el método se procede a la toma de mediciones por las principales vías de acceso y colonias de la zona metropolitana de San Salvador, llevando los tres teléfonos celulares (activados con los tres operadores en estudio) y un equipo de posicionamiento global ( GPS ) para tomar las coordenadas cartográficas de cada punto medido para su posterior ubicación en un mapa.

#### **3.3.1.2.1 Limitantes del proceso de recolección de datos**

Por el hecho de que las personas que desarrollamos el estudio trabajamos, esta parte se hace bastante complicada tomando en cuenta el factor tiempo, por lo que las mediciones se hacen unas durante la noche y la mayoría los fines de semana.

- La mayoría de las mediciones se hacen en las principales vías de acceso, por el hecho de que hay zonas de difícil acceso en las que es bastante arriesgado movilizarse y que hay zonas privadas en las que el acceso no es permitido, partiendo del hecho que para tomar una medición hay que parar, tomar la lectura de potencia de los tres teléfonos celulares, la lectura de las coordenadas cartográficas y la zona.

Es de tomar en cuenta que las mediciones se realizaron en un período aproximado de cinco meses y bajo condiciones de clima y hora variado, así como también en ciertos lugares se tomo más de una medición y los valores que se presentan son sus valores promedio. Los valores de las mediciones se digitaron en hojas electrónicas ( Excel ) para su posterior manipulación y presentación ( parte de anexos ).

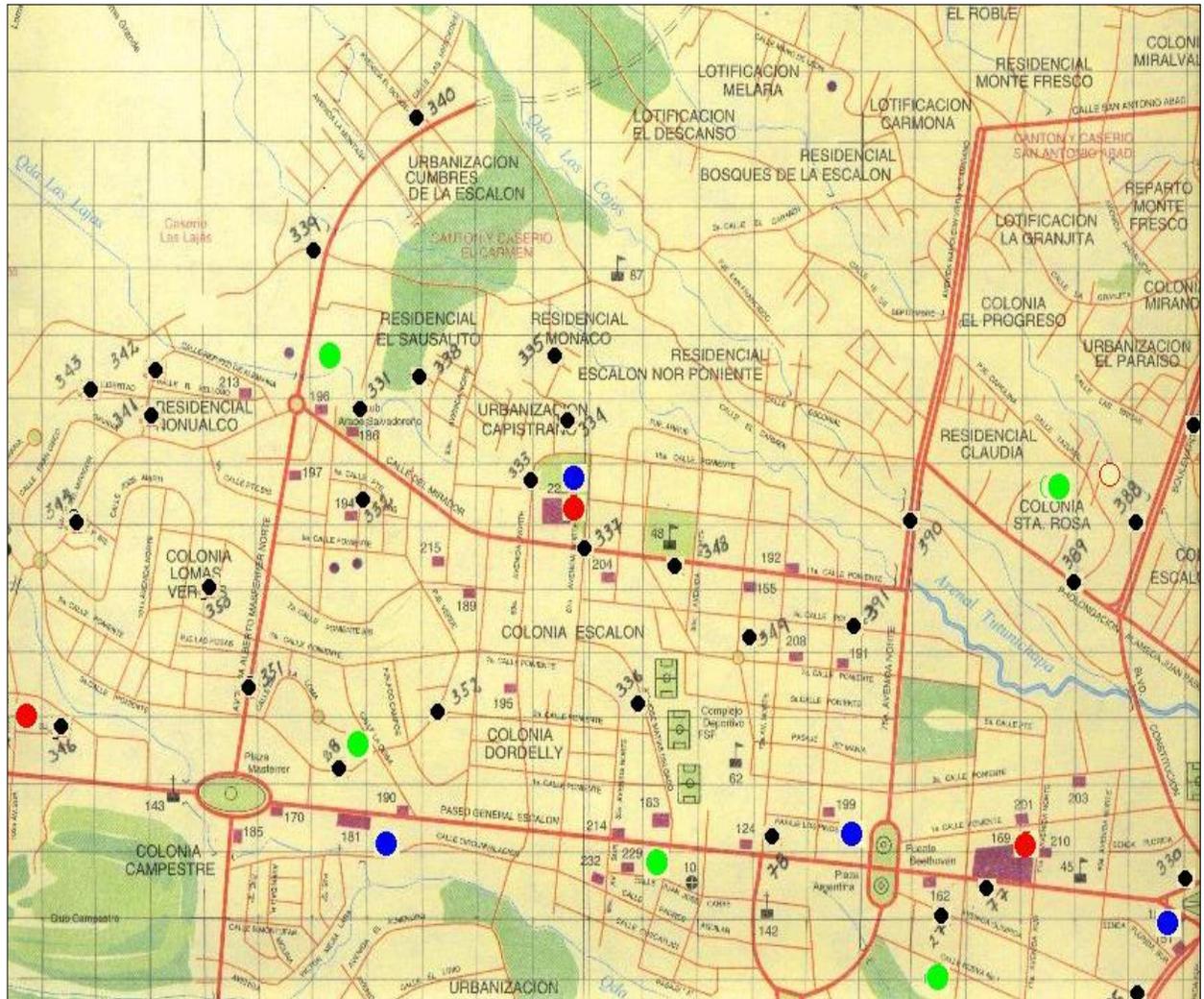
#### **3.3.1.3 Etapa de ubicación de los puntos de medición y estaciones base en un mapa Cartográfico.**

Para la ubicación de los puntos medidos y de los lugares de ubicación de las estaciones base se adquiere un mapa de la zona metropolitana de San Salvador. La ubicación en el mapa se hizo de la siguiente manera:

- Haciendo uso de las coordenadas cartográficas (latitud norte y longitud oeste) tomadas con el GPS durante el proceso de medición, se ubica cada punto de la medición repintándolo con un plumón color negro en el mapa y se numera en orden correlativo, esto para facilitar su búsqueda en las siguientes etapas.
- De igual forma se hace con las estaciones base utilizando plumones de diferente color para poder diferenciarlas, Telemóvil (Verde), Telefónica (Azul) y DIGICEL (Rojo).
- El valor de potencia de los puntos graficados en el mapa, es el valor promedio de los diferentes valores medidos para ese punto en algunos casos.

Es de mencionar que para ubicar cada punto, se debe de leer en el mapa los grados, minutos y segundos respectivos del punto de medición, lo que hace el proceso bastante lento. Además para obtener las coordenadas precisas de algunas estaciones base hubo necesidad de hacer un proceso de búsqueda en las diferentes zonas de medición, porque de algunas la mayor información que se tiene es el nombre, por lo que esto retrasa dicho proceso y por consiguiente los posteriores.

Como ejemplo se muestra una parte del mapa de la zona metropolitana de San Salvador donde podemos observar la ubicación de los puntos de medición y las estaciones base para cada uno de los operadores de telefonía celular en estudio.



**FIGURA 21** Mapa de la zona Escalón – Salvador del Mundo

### 3.3.1.4 Representaciones gráficas y su análisis

A continuación se presentan los tipos de gráficas por zonas que se presentaron y los parámetros a seleccionar:

1. Gráfico de Densidad de Potencia vs. Distancia de la medición a la estación base más cercana, para cada una de las operadoras de telefonía móvil. Esto para ver el nivel máximo de densidad de potencia en esa zona y su comportamiento con respecto a la distancia.
2. Gráfico de Densidad de Potencia vs. Punto de medición, graficando las mediciones de densidad de potencia para los tres operadores. Esto para ver cual de los operadores tiene el mayor valor de densidad de potencia en un punto determinado.

3. Gráfico de Densidad de Potencia vrs. Zona de medición, tomando en cuenta el valor promedio de densidad de potencia por zona y su valor máximo para cada operador. Esto para comparar los valores permisibles de Densidad de Potencia con los valores reales medidos.

El análisis de los resultados se harán para cada zona por separado, tomando en cuenta que cada zona tiene características diferentes, cantidad de usuarios, nivel de cobertura, edificaciones diferentes, etc.

En la parte de anexos se presentan las tablas con los valores de densidad de potencia calculados para cada uno de los operadores en estudio y sus respectivos gráficos obtenidos de cada una de las zonas.

### 3.3.1.5 Etapa de interpretación y análisis de resultados

Esta parte es de mucho interes, por el hecho de que de esta parte se debe de obtener las conclusiones, es decir determinar si los valores de densidad de potencia medidos para cada uno de los operadores de telefonía celular en estudio no sobrepasan los niveles máximos de exposición permisibles por las normas internacionales de seguridad, la cual se desarrolla tomando en cuenta lo siguiente.

- En vista de que los equipos utilizados en el proceso de medición de datos miden intensidad de campo , la determinación de la Densidad de Potencia en cada punto se hizo de la siguiente forma[ 2 ]:

De la teoría básica de propagación sabemos que:

$$P = \text{PIRE} - L + G_t \text{ [ dbm ]}$$

Donde:

P = Potencia medida en el lector del teléfono en un punto [dbm]  
 L = pérdidas de propagación en cualquier punto (Método Cost 231) [db]  
 PIRE = Potencia Isotrópica Radiada Equivalente [db] (Requerido para encontrar el valor de Densidad de Potencia en un punto)  
 G<sub>t</sub> = Ganancia de la antena del teléfono.[db]

Para encontrar la Densidad de Potencia ‘ S ‘ en cualquier punto sustituimos el valor de PIRE encontrado anteriormente en la siguiente formula:

$$S = \frac{\text{PIRE}}{4 \pi r^2}$$

Donde :

S = Densidad de Potencia [mW / cm<sup>2</sup>]  
 PIRE = Potencia Isotropica Radiada Equivalente [mW]  
 r<sup>2</sup> = Distancia en centímetros del punto medido a la estación base más cercana.

La cual es medida a escala en el mapa donde están graficados los puntos, esto se hace con cada una de los operadores.

Para un caso particular para encontrar PIRE debemos conocer los siguientes parámetros.

$$\text{PIRE} = P_{\text{IN}} + G_{\text{A}} - L_{\text{L}} - P_{\text{C}} - P_{\text{CO}} \text{ [ db ]}$$

Donde:

$P_{\text{IN}}$  = Potencia entregada a la antena

$G_{\text{A}}$  = Ganancia de la antena

$P_{\text{L}}$  = Pérdidas en el latiguillo

$P_{\text{C}}$  = Pérdidas en el cable

$P_{\text{CO}}$  = Pérdidas en los conectores

- Para hacer más fácil y ordenada la parte del análisis de los resultados obtenidos, la representación gráfica del resultado de las mediciones se hace dividiendo la zona metropolitana de San Salvador en pequeñas zonas, tomando en cuenta las características propias de cada zona, para la variación de las variables respectivas definidas en el método para encontrar las pérdidas de propagación.
- Las representaciones gráficas de cada zona serán la combinación de los siguientes parámetros: Densidad de Potencia, Distancia entre las estaciones base y los puntos medidos, y ubicación de los puntos.

En las tablas siguientes se han calculado los valores promedio y máximos de las mediciones que se hicieron en la zona metropolitana de San Salvador para cada uno de los operadores de telefonía celular en estudio, para motivos de interpretación se han dividido por zonas, las cuales están representadas de la siguiente forma:

Zona # 1: La parte Sur de Soyapango.

Zona # 2: La parte Sur del Centro de San Salvador.

Zona # 3: La parte Centro y Norte de Soyapango.

Zona # 4: La parte desde Metrocentro hasta la Universidad de El Salvador.

Zona # 5: La parte del Salvador del Mundo, Paseo Escalón y San Benito.

Zona # 6: La parte del Boulevard Constitución, Satélite hasta la colonia Zacamil.

Zona # 7: La parte de Ciudad Delgado y Troncal del Norte.

Zona # 8: La parte del Centro de San Salvador.

Zona # 9: La parte de Antiguo Cuscatlan, Boulevard de los Próceres hasta El Hermano Lejano.

La determinación de las zonas se ha hecho arbitrariamente, sin tomar en cuenta características propias de las zonas, la división solo es para facilitar el análisis e interpretación de los resultados.

**TABLA 13 Telemóvil**

| <b>Número de Zona</b> | <b>Valor Promedio<br/>Densidad de Potencia [uW/cm<sup>2</sup>]</b> | <b>Valor Máximo<br/>Densidad de Potencia [uW/cm<sup>2</sup>]</b> |
|-----------------------|--|--|
| 1                     | 0.0003210  | 0.001520   |
| 2                     | 0.0002810  | 0.002210   |
| 3                     | 0.0004200  | 0.003640   |
| 4                     | 0.0002370  | 0.001730   |
| 5                     | 0.0001400  | 0.001100   |
| 6                     | 0.0001820  | 0.001200   |
| 7                     | 0.0009600  | 0.005750   |
| 8                     | 0.007530   | 0.005620   |
| 9                     | 0.0002820  | 0.001270   |

**TABLA 14 Telefónica**

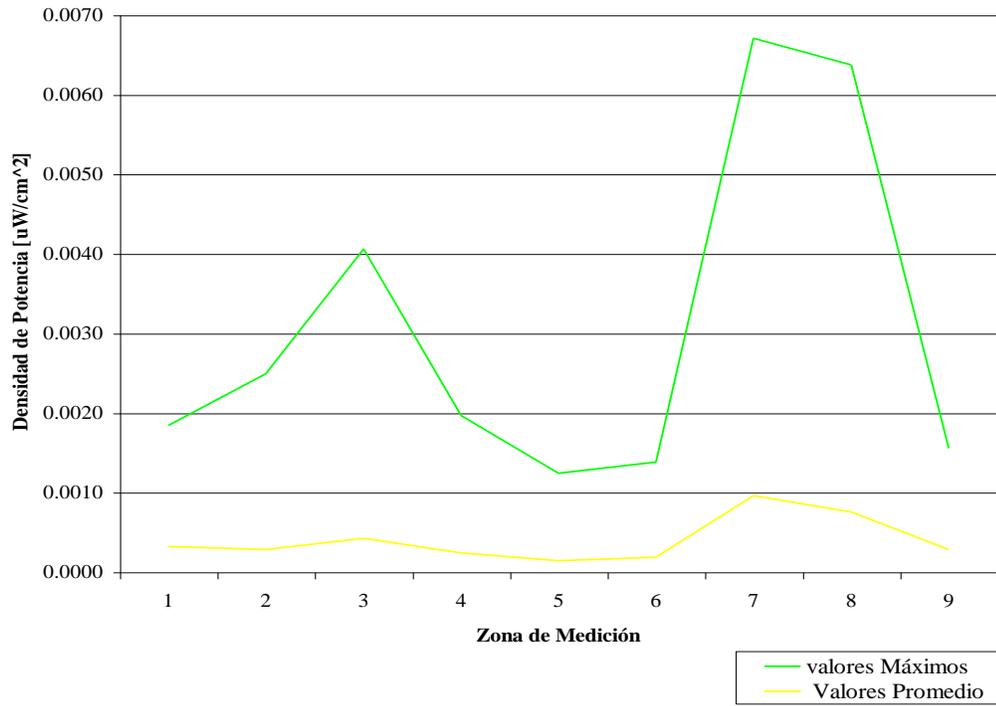
| <b>Número de Zona</b> | <b>Valor Promedio<br/>Densidad de Potencia [uW/cm<sup>2</sup>]</b> | <b>Valor Máximo<br/>Densidad de Potencia [uW/cm<sup>2</sup>]</b> |
|-----------------------|--|--|
| 1                     | 0.002720   | 0.01540  |
| 2                     | 0.003220   | 0.01620  |
| 3                     | 0.002270   | 0.01710  |
| 4                     | 0.002170   | 0.01600  |
| 5                     | 0.000845   | 0.00837  |
| 6                     | 0.000172   | 0.00115  |
| 7                     | 0.002400   | 0.01777  |
| 8                     | 0.001790   | 0.01150  |
| 9                     | 0.002920   | 0.002760   |

**TABLA 15 DIGICEL**

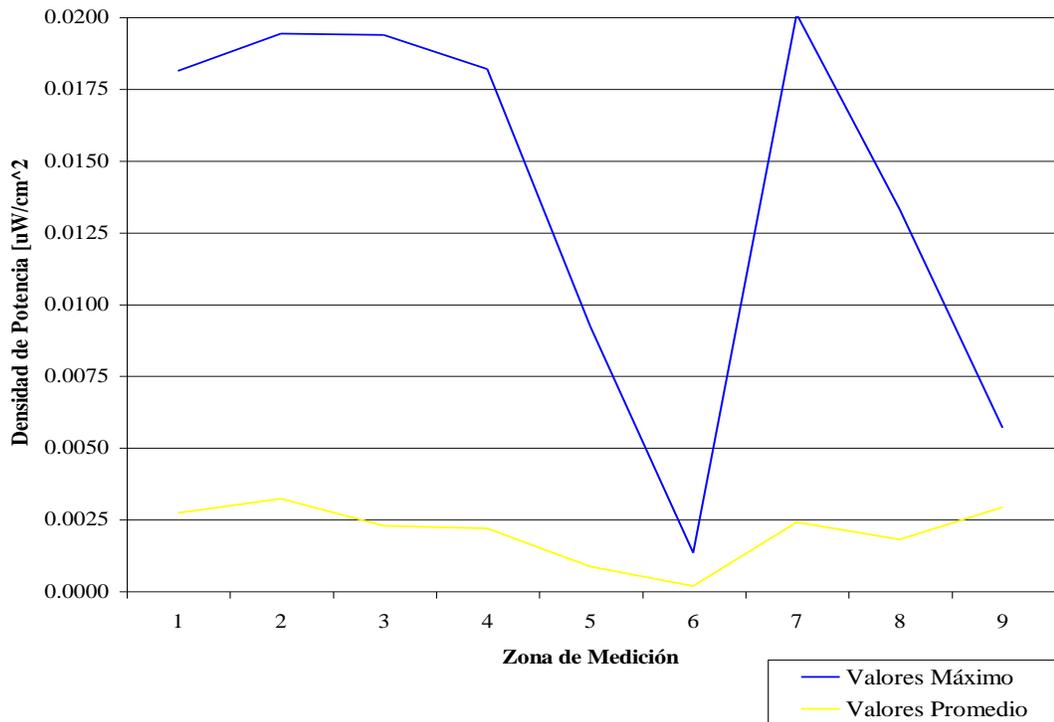
| <b>Número de Zona</b> | <b>Valor Promedio<br/>Densidad de Potencia[uW/cm<sup>2</sup>]</b> | <b>Valor Máximo<br/>Densidad de Potencia[uW/cm<sup>2</sup>]</b> |
|-----------------------|---|---|
| 1                     | 0.005450  | 0.03650   |
| 2                     | 0.002590  | 0.02150   |
| 3                     | 0.005820  | 0.04520   |
| 4                     | 0.008750  | 0.04590   |
| 5                     | 0.005650  | 0.02100   |
| 6                     | 0.002470  | 0.01890   |
| 7                     | 0.003310  | 0.02720   |
| 8                     | 0.002700  | 0.02380   |
| 9                     | 0.003270  | 0.01240   |

Los valores tabulados anteriormente se presentan también en forma gráfica para facilitar su posterior análisis.

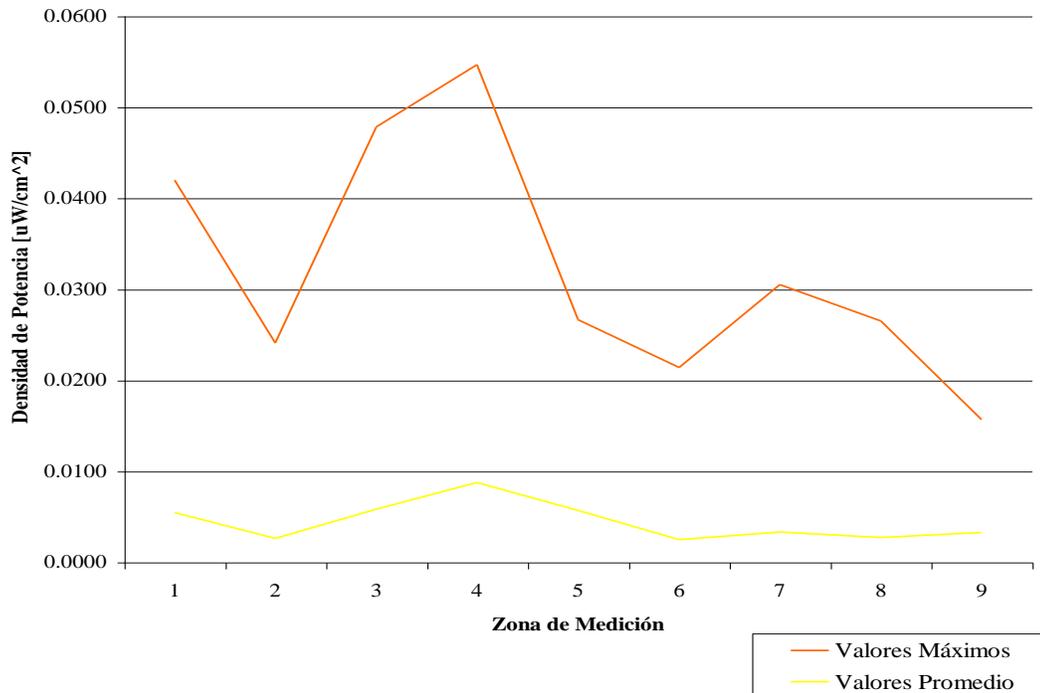
**Grafico Telemóvil Zona Metropolitana**



**Grafico Telefónica Zona Metropolitana**



**Grafico Digicel Zona Metropolitana**



De las gráficas anteriores podemos concluir lo siguiente:

- ◆ El operador de telefonía celular que transmite mayor Densidad de Potencia para prestar su servicio en las diferentes zonas de San Salvador es DIGICEL, aunque es de mencionar que sus valores de Densidad de Potencia están muy por debajo de los valores máximos de seguridad de exposición establecidos en las normas internacionales de seguridad.
- ◆ Los operadores de telefonía celular: Telemóvil, Telefónica y DIGICEL concentran un mayor número de estaciones base en las zonas que de acuerdo a sus características industriales y comerciales se consideran las de mayor tráfico de telefonía celular.
- ◆ Para los dos primeros operadores ( Telemóvil y Telefónica ) son las zonas donde los valores de Densidad de Potencia son menores, por el hecho de que al haber una mayor concentración de radio bases en una determinada área de cobertura, necesita transmitir a menor potencia y el número de subscriptores atendidos es mayor.
- ◆ El operador DIGICEL por el contrario, donde mayor concentración de estaciones base tiene es donde se dan los mayores valores de Densidad de Potencia medidos, en los cuales los niveles de cobertura son mejores.
- ◆ Por lo anterior podemos decir que las zonas donde se miden los mayores niveles de Densidad de Potencia no son necesariamente las zonas donde los niveles de cobertura son mejores, por el hecho de que estos dependen de la tecnología utilizada por el operador que se esta midiendo.

### 3.3.2 Comparación de los niveles de densidad de potencia medidos, con los valores de exposición máximos permitidos

Se ha determinado que los tres operadores de telefonía celular en estudio cumplen de sobra con los niveles de seguridad establecidos en la norma de IEEE mencionada, esto de manera individual. Pero estamos en el caso donde existen múltiples antenas emisoras a diferente frecuencia, para lo cual existe una manera sencilla de comprobar el cumplimiento de las normas ANSI / IEEE ó FCC bajo estas condiciones, el cual se obtiene sumando las densidades de potencia de los tres operadores en cada punto y aplicar el valor más crítico. Para el caso lo haremos para cada una de las zonas, utilizando los valores máximos de densidad de potencia calculados para cada operador de telefonía móvil.

**Tabla 16 Comparación de niveles obtenidos vrs. máximos permitidos**

| <b>Zona de estudio</b>    | <b>Valor de densidad de potencia uW/cm<sup>2</sup></b> | <b>Valor de densidad de potencia máximo uW/cm<sup>2</sup></b> |
|---------------------------|--|---|
| Sur Soyapango             | 0.05342  | 594.00  |
| Sur San Salvador          | 0.03991  | 594.00  |
| Centro-Norte de Soyapango | 0.06594  | 594.00  |
| Metrocentro-UES           | 0.06363  | 594.00  |
| Paseo Escalón-San Benito  | 0.03047  | 594.00  |
| Constitución-Zacamil      | 0.02125  | 594.00  |
| Ciudad Delgado            | 0.05072  | 594.00  |
| Centro de San Salvador    | 0.04092  | 594.00  |
| Antiguo C.-Autopista Sur  | 0.01643  | 594.00  |

De la tabla anterior concluimos que de los puntos medidos, ninguno sobrepasa los límites máximos permisibles de exposición de RF establecidos en la norma IEEE aplicada.

### 3.4 Conclusiones Capítulo III

- Que el operador de telefonía celular que produce niveles de densidad de potencia promedio más altos en la zona metropolitana de San Salvador es el que se identifica con el color rojo( Digicel ) y el operador de telefonía celular que produce niveles de densidad de potencia promedio más bajos en la zona metropolitana de San Salvador es el que se identifica con el color verde( Telemóvil ).
- Los tres operadores en estudio cumplen con las niveles de seguridad máximos permisibles de exposición en todas las zonas del área metropolitana de San Salvador. Por lo que se concluye que no existe ningún riesgo producto de la exposición a los campos electromagnéticos producidos por las antenas de telefonía celular en la banda de los 800 MHz y 900 MHz.

### 3.5 Observaciones Capitulo III

- Es de tomar en cuenta la existencia del plan de rehuso de frecuencia de los operadores de telefonía celular al momento de interpretar la forma de las gráficas de Densidad de Potencia vrs. Distancia a la estación base, en las cuales podemos observar que no existe una relación directa entre la distancia y la potencia radiada por las estaciones base.
- Para determinar las pérdidas de propagación y la densidad de potencia, se tomo la distancia medida desde el punto hasta la estación base mas cercana, por el hecho de no saber a que estación base se estaba enlazando el celular en ese momento. En las zona hay un aproximado de tres estaciones base por operador.
- El teléfono al momento de hacer una llamada censa cual de las estaciones base le proporciona un canal de frecuencia con la mayor nivel de potencia y no será un canal de la estación base más cercana necesariamente.
- Es de notar en el mapa que hay zonas en las cuales no se han tomado mediciones, por el hecho de que lugares donde el acceso es restringido (Zonas privadas) y lugares donde es bastante peligroso transitar.
- No de todos los puntos se han graficado los valores promedios, tomando en cuenta la observación anterior.

### 3.6 Bibliografía Capitulo III

- ◆ [ 1 ] -IEEE C95.1 EDICIÓN 1999 Standard for Safety Levels whit respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 KHz to 300 GHz.  
[http://: www.ieee.org](http://www.ieee.org)  
-Comité Coordinador 28, de Normas IEEE sobre Riesgos de la Radiación No Ionizante (Standards Coordinating Committee 28 on Non-Ionizing Radiation Hazards)  
Norma para niveles de seguridad respecto a la exposición humana a campos de radiofrecuencias, de 3 kHz a 300 GHz (ANSI/IEEE C95.1-1991), The Institute of Electrical and Electronics Engineers, New York, 1992.
- ◆ [ 2 ] -Bulletin OET 65. Evaluating Compliance with FCC Guidelines for Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields. Supplement C.  
Edition 97-01.  
José María Hernado Rábanos -Transmisión por radio.  
Segunda edicion.  
Colección ETSI de Telecomunicación (U.P.M)  
Editorial Centro de Estudios Ramón Areces. S.A.

## **Conclusiones Generales**

- Los niveles de radiación desde el móvil hacia el usuario esta fuera de los alcances de este estudio, sin embargo es de reconocer que los efectos térmicos de estos aparatos sobre el cuerpo humano es mas critica aun debido a que se encuentran en constante contacto con el usuario.
- Del análisis de los resultados podemos concluir que los niveles de radiación electromagnética en la ciudad de San Salvador provenientes de estaciones móviles no presentan peligro alguno para la población en general.
- Para la realización de estudios posteriores es necesario contar con el apoyo de SIGET así como los operadores en estudio, ya que con esto se beneficia a todas las partes por igual.
- Es necesario equipar a los laboratorios de Metereología de la UES con el fin que estos puedan avalar y caracterizar a los modelos de móviles que ingresen al mercado salvadoreño.

## **TABLAS DE MEDICIONES DE CAMPO EN EL AREA METROPOLITANA**

A continuación se presentan las tablas elaboradas con los valores de potencia electromagnética medidos con los teléfonos celulares en el modo de ingeniería, en las diferentes zonas del área metropolitana de San Salvador, en las tablas se encuentra la siguiente información:

- ◆ **Número de la medición realizada.**
- ◆ **Valor de potencia electromagnética medida en un punto[dbm] (para cada operador)**
- ◆ **Número del canal radioeléctrico**
- ◆ **Coordenadas cartográficas de cada punto medido**
- ◆ **Densidad poblacional**

Las mediciones se realizaron en un período de cinco meses aproximadamente y bajo condiciones de clima y hora variado, así como también en ciertos lugares se tomo más de una medición y los valores que se presentan son sus valores promedio.

**TABLA 1 Mediciones**

| Número de Mediciones | DIGICEL   |       | TELEMOVIL |       | TELEFONICA |       | COORDENADAS |             | DENSIDAD    |
|----------------------|-----------|-------|-----------|-------|------------|-------|-------------|-------------|-------------|
|                      | int. de B | canal | int. de B | canal | int. de B  | canal | norte       | oeste       | POBLACIONAL |
| 1                    | -73       | 96    | -87       | 110   | -89        | 384   | 13 40 41.5  | 89 15 16.8  | media       |
| 2                    | -49       | 70    | -71       | 127   | -79        | 384   | 13 40 45.0  | 89 16 2603  | media       |
| 3                    | -79       | 70    | -85       | 127   | -85        | 384   | 13 41 18.2  | 89 16 49.4  | media       |
| 4                    | -71       | 96    | -85       | 103   | -81        | 384   | 13 40 27.7  | 89 16 32.0  | media       |
| 5                    | -76       | 99    | -97       | 103   | -76        | 384   | 13 40 16.2  | 89 16 39.1  | media       |
| 6                    | -85       | 94    | -75       | 100   | -90        | 384   | 13 40 28.7  | 89 15 18.5  | media       |
| 7                    | -89       | 96    | -79       | 141   | -86        | 384   | 13 40 35.6  | 89 14 47.3  | media       |
| 8                    | -77       | 93    | -87       | 141   | -93        | 384   | 13 40 27.1  | 89 14 33    | media       |
| 9                    | -80       | 93    | -97       | 141   | -91        | 384   | 13 40 19.7  | 89 14 23.7  | media       |
| 10                   | -89       | 96    | -91       | 127   | -94        | 384   | 13 40 04.4  | 89 14 4.7   | media       |
| 11                   | -85       | 100   | -70       | 119   | -82        | 384   | 13 40 06.6  | 89 13 37.6  | alta        |
| 12                   | -62       | 91    | -65       | 164   | -84        | 384   | 13 39 57.5  | 89 13 9.9   | alta        |
| 13                   | -67       | 91    | -91       | 164   | -69        | 384   | 13 39 46.5  | 89 13 10.0  | alta        |
| 14                   | -66       | 91    | -89       | 164   | -68        | 384   | 13 39 32.9  | 89 13 5.9   | alta        |
| 15                   | -62       | 91    | -93       | 164   | -62        | 384   | 13 39 45.5  | 89 13 2.3   | alta        |
| 16                   | -82       | 101   | -79       | 122   | -93        | 384   | 13 39 49.8  | 89 12 38.1  | alta        |
| 17                   | -61       | 101   | -68       | 122   | -69        | 384   | 13 39 53.7  | 89 12 37.9  | alta        |
| 18                   | -83       | 101   | -71       | 122   | -89        | 384   | 13 39 54.3  | 89 12 43.3  | media       |
| 19                   | -81       | 101   | -73       | 122   | -82        | 384   | 13 39 56.5  | 89 12 33.4  | media       |
| 20                   | -74       | 101   | -75       | 122   | -96        | 384   | 13 40 0.80  | 89 12 33.0  | media       |
| 21                   | -61       | 91    | -63       | 164   | -74        | 384   | 13 39 52.0  | 89 13 6.7   | media       |
| 22                   | -71       | 91    | -67       | 164   | -65        | 384   | 13 39 54.4  | 89 13 9.3   | media       |
| 23                   | -94       | 72    | -99       | 121   | -81        | 384   | 13 40 25.5  | 89 13 42.1  | media       |
| 24                   | -79       | 99    | -71       | 121   | -69        | 384   | 13 40 56.1  | 89 13 23.5  | media       |
| 25                   | -61       | 95    | -53       | 132   | -68        | 384   | 13 41 0.50  | 89 13 0.5   | media       |
| 26                   | -84       | 73    | -95       | 165   | -88        | 384   | 13 42 22.6  | 89 12 50.1  | media       |
| 27                   | -57       | 94    | -83       | 121   | -93        | 384   | 13 42 0.10  | 89 13 52.2  | media       |
| 28                   | -60       | 92    | -77       | 133   | -71        | 384   | 13 42 12.7  | 89 14 47.6  | media       |
| 29                   | -75       | 92    | -73       | 148   | -74        | 384   | 13 41 51.0  | 89 15 0.0   | media       |
| 30                   | -99       | 94    | -85       | 128   | -81        | 384   | 13 40 48.8  | 89 15 4.6   | baja        |
| 31                   | -69       | 94    | -79       | 110   | -90        | 384   | 13 40 42.3  | 89 15 21.12 | media       |
| 32                   | -81       | 94    | -77       | 126   | -83        | 384   | 13 40 40.8  | 89 15 54.3  | alta        |
| 33                   | -84       | 93    | -91       | 142   | -90        | 384   | 13 40 56.9  | 89 18 17.0  | alta        |
| 34                   | -74       | 92    | -87       | 142   | -88        | 384   | 13 40 48    | 89 18 17.3  | alta        |
| 35                   | -77       | 97    | -77       | 142   | -61        | 384   | 13 40 40    | 89 17 59.6  | alta        |
| 36                   | -72       | 98    | -75       | 142   | -79        | 384   | 13 40 20.1  | 89 17 52.6  | alta        |
| 37                   | -71       | 70    | -97       | 142   | -84        | 384   | 13 40 19.2  | 89 17 20.6  | alta        |
| 38                   | -80       | 71    | -77       | 170   | -94        | 384   | 13 40 18.5  | 89 17 82.1  | alta        |
| 39                   | -99       | 99    | -75       | 103   | -58        | 384   | 13 40 18.1  | 89 16 47.7  | alta        |
| 40                   | -86       | 96    | -87       | 110   | -71        | 384   | 13 40 43.5  | 89 14 45.4  | alta        |
| 41                   | -63       | 93    | -83       | 141   | -83        | 384   | 13 41 0.0   | 89 14 9.4   | alta        |
| 42                   | -73       | 100   | -69       | 121   | -82        | 384   | 13 40 59.0  | 89 13 39.6  | media       |
| 43                   | -79       | 88    | -89       | 132   | -89        | 384   | 13 41 26.5  | 89 12 57.0  | media       |
| 44                   | -89       | 98    | -91       | 136   | -85        | 384   | 13 41 30.4  | 89 12 40.1  | media       |
| 45                   | -71       | 75    | -59       | 102   | -81        | 384   | 13 41 34.1  | 89 12 3.1   | media       |
| 46                   | -81       | 89    | -67       | 131   | -68        | 384   | 13 41 31.4  | 89 11 39.3  | media       |
| 47                   | -83       | 96    | -93       | 140   | -75        | 384   | 13 41 42.3  | 89 11 3.7   | media       |
| 48                   | -70       | 95    | -93       | 140   | -53        | 384   | 13 41 40.3  | 89 10 37.9  | media       |

**TABLA 2 Mediciones**

| Número de Mediciones | DIGICEL   |       | TELEMOVIL |       | TELEFONICA |       | COORDENADAS |            | DENSIDAD    |
|----------------------|-----------|-------|-----------|-------|------------|-------|-------------|------------|-------------|
|                      | int. de B | canal | int. de B | canal | int. de B  | canal | norte       | oeste      | POBLACIONAL |
| 49                   | -48       | 75    | -94       | 140   | -69        | 384   | 13 41 58.6  | 89 10 34.6 | baja        |
| 50                   | -57       | 75    | -88       | 140   | -72        | 384   | 13 41 57.1  | 89 10 33.7 | baja        |
| 51                   | -59       | 94    | -90       | 143   | -85        | 384   | 13 41 41.4  | 89 10 51.4 | baja        |
| 52                   | -76       | 101   | -89       | 143   | -87        | 384   | 13 42 3.3   | 89 11 10.5 | media       |
| 53                   | -82       | 101   | -93       | 105   | -85        | 384   | 13 42 4.9   | 89 11 21.9 | media       |
| 54                   | -83       | 70    | -73       | 117   | -79        | 384   | 13 42 7.3   | 89 11 33.0 | baja        |
| 55                   | -80       | 70    | -95       | 117   | -89        | 384   | 13 42 24.8  | 89 11 46.3 | media       |
| 56                   | -82       | 95    | -87       | 105   | -92        | 384   | 13 42 40.8  | 89 11 55.3 | media       |
| 57                   | -72       | 95    | -91       | 159   | -73        | 384   | 13 42 50.3  | 89 11 59.4 | media       |
| 58                   | -86       | 97    | -87       | 101   | -90        | 384   | 13 43 1.9   | 89 11 58.6 | media       |
| 59                   | -87       | 93    | -87       | 101   | -92        | 384   | 13 43 20.1  | 89 12 4.3  | alta        |
| 60                   | -82       | 96    | -86       | 126   | -70        | 384   | 13 43 11.9  | 89 11 58.0 | alta        |
| 61                   | -93       | 96    | -91       | 126   | -84        | 384   | 13 43 32.5  | 89 12 0.6  | alta        |
| 62                   | -71       | 96    | -85       | 145   | -79        | 384   | 13 43 38.2  | 89 11 55.9 | media       |
| 63                   | -93       | 96    | -73       | 139   | -81        | 384   | 13 43 49.5  | 89 11 58.0 | media       |
| 64                   | -76       | 96    | -79       | 139   | -78        | 384   | 13 43 52.5  | 89 12 18.9 | media       |
| 65                   | -92       | 71    | -79       | 139   | -80        | 384   | 13 43 39.6  | 89 12 20.4 | media       |
| 66                   | -72       | 96    | -81       | 145   | -86        | 384   | 13 43 52.6  | 89 12 47.2 | media       |
| 67                   | -64       | 96    | -79       | 145   | -80        | 384   | 13 43 53.9  | 89 12 54.9 | media       |
| 68                   | -93       | 96    | -93       | 145   | -85        | 384   | 13 44 2.6   | 89 13 5.40 | media       |
| 69                   | -61       | 94    | -83       | 151   | -91        | 384   | 13 44 14.7  | 89 12 38.4 | media       |
| 70                   | -94       | 99    | -85       | 151   | -96        | 384   | 13 44 18.8  | 89 12 75.4 | media       |
| 71                   | -65       | 99    | -78       | 151   | -88        | 384   | 13 44 22.1  | 89 13 13.1 | media       |
| 72                   | -76       | 99    | -79       | 151   | -90        | 384   | 13 44 36.2  | 89 13 19.2 | media       |
| 73                   | -77       | 73    | -67       | 100   | -79        | 384   | 13 42 14.3  | 89 12 32.2 | media       |
| 74                   | -42       | 99    | -75       | 100   | -75        | 384   | 13 42 23.5  | 89 12 43.1 | media       |
| 75                   | -61       | 94    | -81       | 138   | -79        | 384   | 13 41 58.3  | 89 13 3.4  | alta        |
| 76                   | -62       | 101   | -65       | 138   | -70        | 384   | 13 42 12.5  | 89 13 9.00 | alta        |
| 77                   | -63       | 96    | -90       | 138   | -71        | 384   | 13 42 3.40  | 89 13 4.8  | alta        |
| 78                   | -66       | 88    | -91       | 104   | -48        | 384   | 13 42 7.8   | 89 14 8.72 | alta        |
| 79                   | -73       | 88    | -75       | 104   | -76        | 384   | 13 41 33.0  | 89 14 9.20 | alta        |
| 80                   | -55       | 74    | -83       | 129   | -59        | 384   | 13 41 42.2  | 89 14 6.70 | media       |
| 81                   | -70       | 74    | -71       | 101   | -56        | 384   | 13 41 26.4  | 89 14 16.4 | media       |
| 82                   | -58       | 74    | -89       | 101   | -69        | 384   | 13 41 7.50  | 89 14 15.1 | media       |
| 83                   | -59       | 71    | -67       | 129   | -80        | 384   | 13 41 12.90 | 89 14 3.50 | baja        |
| 84                   | -53       | 98    | -93       | 129   | -88        | 384   | 13 41 43.6  | 89 13 38.0 | baja        |
| 85                   | -61       | 101   | -81       | 136   | -72        | 384   | 13 41 53.2  | 89 13 34.1 | baja        |
| 86                   | -58       | 87    | -89       | 136   | -75        | 384   | 13 41 57.3  | 89 13 7.90 | baja        |
| 87                   | -60       | 99    | -79       | 100   | -76        | 384   | 13 41 52.1  | 89 12 52.3 | baja        |
| 88                   | -56       | 72    | -75       | 100   | -70        | 384   | 13 42 9.00  | 89 12 56.8 | baja        |
| 89                   | -73       | 72    | -67       | 165   | -58        | 384   | 13 42 41.9  | 89 12 22.7 | baja        |
| 90                   | -47       | 101   | -73       | 165   | -90        | 384   | 13 42 47.3  | 89 12 17.1 | media       |
| 91                   | -46       | 70    | -69       | 165   | -88        | 384   | 13 42 52.6  | 89 12 19.3 | media       |
| 92                   | -86       | 71    | -83       | 165   | -71        | 384   | 13 42 48.0  | 89 12 33.0 | media       |
| 93                   | -69       | 98    | -95       | 165   | -63        | 384   | 13 42 53.9  | 89 12 45.3 | media       |
| 94                   | -52       | 98    | -71       | 130   | -77        | 384   | 13 43 0.50  | 89 12 57.0 | media       |
| 95                   | -63       | 94    | -95       | 130   | -77        | 384   | 13 43 14.2  | 89 12 59.6 | media       |
| 96                   | -78       | 46    | -73       | 145   | -78        | 384   | 13 43 40.5  | 89 12 43.0 | media       |

**TABLA 3** Mediciones

| Número de Mediciones | DIGICEL   |       | TELEMOVIL |       | TELEFONICA |       | COORDENADAS |            | DENSIDAD    |
|----------------------|-----------|-------|-----------|-------|------------|-------|-------------|------------|-------------|
|                      | int. de B | canal | int. de B | canal | int. de B  | canal | norte       | oeste      | POBLACIONAL |
| 149                  | -55       |       | -93       |       | -85        |       | 13 41 41.9  | 89 08 59.5 | alta        |
| 150                  | -58       |       | -89       |       | -78        |       | 13 41 26.6  | 89 09 2.4  | alta        |
| 151                  | -71       |       | -87       |       | -70        |       | 13 41 15.4  | 89 08 53.5 | alta        |
| 152                  | -83       |       | -86       |       | -76        |       | 13 41 15.0  | 89 09 2.40 | alta        |
| 153                  | -87       |       | -77       |       | -77        |       | 13 41 18.9  | 89 08 53.4 | alta        |
| 154                  | -65       |       | -76       |       | -83        |       | 13 41 24.0  | 89 08 52.3 | alta        |
| 155                  | -56       |       | -69       |       | -69        |       | 13 41 28.6  | 89 08 49.5 | alta        |
| 156                  | -68       |       | -81       |       | -77        |       | 13 41 10.6  | 89 08 49.8 | alta        |
| 157                  | -87       |       | -85       |       | -81        |       | 13 41 23.9  | 89 08 37.1 | alta        |
| 158                  | -64       |       | -85       |       | -60        |       | 13 41 37.5  | 89 08 30.5 | alta        |
| 159                  | -71       |       | -83       |       | -75        |       | 13 41 40.1  | 89 08 54.4 | alta        |
| 160                  | -69       |       | -89       |       | -64        |       | 13 41 45.5  | 89 08 48.3 | alta        |
| 161                  | -58       |       | -79       |       | -59        |       | 13 41 45.1  | 89 08 15.3 | alta        |
| 162                  | -62       |       | -57       |       | -77        |       | 13 41 43.4  | 89 07 52.7 | alta        |
| 163                  | -81       |       | -75       |       | -74        |       | 13 41 39.9  | 89 07 2.40 | media       |
| 164                  | -75       |       | -85       |       | -60        |       | 13 41 32.7  | 89 07 44.0 | media       |
| 165                  | -72       |       | -87       |       | -56        |       | 13 41 24.5  | 89 07 57.2 | media       |
| 166                  | -67       |       | -83       |       | -61        |       | 13 41 24.0  | 89 08 5.1  | media       |
| 167                  | -71       |       | -95       |       | -75        |       | 13 41 22.1  | 89 08 13.0 | media       |
| 168                  | -86       |       | -79       |       | -57        |       | 13 41 16.4  | 89 08 15.4 | media       |
| 169                  | -71       |       | -75       |       | -73        |       | 13 41 5.50  | 89 08 22.1 | media       |
| 170                  | -81       |       | -75       |       | -87        |       | 13 40 53.7  | 89 08 25.4 | media       |
| 171                  | -59       |       | -77       |       | -80        |       | 13 40 55.70 | 89 07 16.4 | media       |
| 172                  | -56       |       | -83       |       | -80        |       | 13 40 55.2  | 89 07 57.6 | alta        |
| 173                  | -75       |       | -79       |       | -69        |       | 13 41 8.7   | 89 07 55.1 | alta        |
| 174                  | -59       |       | -103      |       | -73        |       | 13 41 14.0  | 89 07 41.3 | alta        |
| 175                  | -64       |       | -113      |       | -76        |       | 13 41 32.1  | 89 07 36.1 | alta        |
| 176                  | -75       |       | -83       |       | -55        |       | 13 41 41.5  | 89 07 17.0 | alta        |
| 177                  | -71       |       | -85       |       | -76        |       | 13 41 47.3  | 89 06 56.6 | alta        |
| 178                  | -79       |       | -110      |       | -53        |       | 13 41 51.6  | 89 06 38.4 | alta        |
| 179                  | -81       |       | -80       |       | -59        |       | 13 41 36.8  | 89 06 37.5 | alta        |
| 180                  | -75       |       | -95       |       | -64        |       | 13 41 37.9  | 89 06 28.4 | alta        |
| 181                  | -72       |       | -113      |       | -75        |       | 13 41 56.8  | 89 06 20.9 | alta        |
| 182                  | -67       |       | -77       |       | -71        |       | 13 42 9.8   | 89 06 26.4 | alta        |
| 183                  | -71       |       | -59       |       | -79        |       | 13 42 22.2  | 89 06 15.2 | alta        |
| 184                  | -86       |       | -61       |       | -81        |       | 13 42 33.1  | 89 06 17.1 | alta        |
| 185                  | -71       |       | -75       |       | -75        |       | 13 42 45.4  | 89 06 16.3 | media       |
| 186                  | -81       |       | -81       |       | -72        |       | 13 42 41.4  | 89 06 31.4 | media       |
| 187                  | -54       |       | -79       |       | -67        |       | 13 42 43.2  | 89 06 55.5 | media       |
| 188                  | -54       |       | -87       |       | -71        |       | 13 42 41.4  | 89 07 5.30 | media       |
| 189                  | -75       |       | -81       |       | -86        |       | 13 42 37.0  | 89 07 23.5 | media       |
| 190                  | -81       |       | -95       |       | -71        |       | 13 42 49.9  | 89 07 39.5 | alta        |
| 191                  | -74       |       | -81       |       | -81        |       | 13 43 6.20  | 89 08 6.90 | alta        |
| 192                  | -85       |       | -53       |       | -54        |       | 13 42 59.1  | 89 08 32.5 | alta        |
| 193                  | -90       |       | -71       |       | -54        |       | 13 42 56.3  | 89 08 30.9 | alta        |
| 194                  | -84       |       | -67       |       | -75        |       | 13 42 44.4  | 89 08 31.5 | alta        |
| 195                  | -79       |       | -61       |       | -78        |       | 13 42 41.0  | 89 08 24.0 | alta        |
| 196                  | -85       |       | -79       |       | -75        |       | 13 42 43.4  | 89 08 14.2 | alta        |
| 197                  | -77       |       | -81       |       | -77        |       | 13 42 33.8  | 89 08 8.0  | alta        |
| 198                  | -95       |       | -73       |       | -86        |       | 13 42 25.1  | 89 11 8.0  | alta        |
| 199                  | -82       |       | -63       |       | -69        |       | 13 42 32.1  | 89 11 27.1 | alta        |
| 200                  | -93       |       | -83       |       | -55        |       | 13 42 30.5  | 89 11 19.1 | alta        |
| 201                  | -93       |       | -87       |       | -73        |       | 13 42 30.5  | 89 11 5.30 | alta        |

**TABLA 4** Mediciones

| Número de Mediciones | DIGICEL   |       | TELEMOVIL |       | TELEFONICA |       | COORDENADAS |            | DENSIDAD    |
|----------------------|-----------|-------|-----------|-------|------------|-------|-------------|------------|-------------|
|                      | int. de B | canal | int. de B | canal | int. de B  | canal | norte       | oeste      | POBLACIONAL |
| 149                  | -55       |       | -93       |       | -85        |       | 13 41 41.9  | 89 08 59.5 | alta        |
| 150                  | -58       |       | -89       |       | -78        |       | 13 41 26.6  | 89 09 2.4  | alta        |
| 151                  | -71       |       | -87       |       | -70        |       | 13 41 15.4  | 89 08 53.5 | alta        |
| 152                  | -83       |       | -86       |       | -76        |       | 13 41 15.0  | 89 09 2.40 | alta        |
| 153                  | -87       |       | -77       |       | -77        |       | 13 41 18.9  | 89 08 53.4 | alta        |
| 154                  | -65       |       | -76       |       | -83        |       | 13 41 24.0  | 89 08 52.3 | alta        |
| 155                  | -56       |       | -69       |       | -69        |       | 13 41 28.6  | 89 08 49.5 | alta        |
| 156                  | -68       |       | -81       |       | -77        |       | 13 41 10.6  | 89 08 49.8 | alta        |
| 157                  | -87       |       | -85       |       | -81        |       | 13 41 23.9  | 89 08 37.1 | alta        |
| 158                  | -64       |       | -85       |       | -60        |       | 13 41 37.5  | 89 08 30.5 | alta        |
| 159                  | -71       |       | -83       |       | -75        |       | 13 41 40.1  | 89 08 54.4 | alta        |
| 160                  | -69       |       | -89       |       | -64        |       | 13 41 45.5  | 89 08 48.3 | alta        |
| 161                  | -58       |       | -79       |       | -59        |       | 13 41 45.1  | 89 08 15.3 | alta        |
| 162                  | -62       |       | -57       |       | -77        |       | 13 41 43.4  | 89 07 52.7 | alta        |
| 163                  | -81       |       | -75       |       | -74        |       | 13 41 39.9  | 89 07 2.40 | media       |
| 164                  | -75       |       | -85       |       | -60        |       | 13 41 32.7  | 89 07 44.0 | media       |
| 165                  | -72       |       | -87       |       | -56        |       | 13 41 24.5  | 89 07 57.2 | media       |
| 166                  | -67       |       | -83       |       | -61        |       | 13 41 24.0  | 89 08 5.1  | media       |
| 167                  | -71       |       | -95       |       | -75        |       | 13 41 22.1  | 89 08 13.0 | media       |
| 168                  | -86       |       | -79       |       | -57        |       | 13 41 16.4  | 89 08 15.4 | media       |
| 169                  | -71       |       | -75       |       | -73        |       | 13 41 5.50  | 89 08 22.1 | media       |
| 170                  | -81       |       | -75       |       | -87        |       | 13 40 53.7  | 89 08 25.4 | media       |
| 171                  | -59       |       | -77       |       | -80        |       | 13 40 55.70 | 89 07 16.4 | media       |
| 172                  | -56       |       | -83       |       | -80        |       | 13 40 55.2  | 89 07 57.6 | alta        |
| 173                  | -75       |       | -79       |       | -69        |       | 13 41 8.7   | 89 07 55.1 | alta        |
| 174                  | -59       |       | -103      |       | -73        |       | 13 41 14.0  | 89 07 41.3 | alta        |
| 175                  | -64       |       | -113      |       | -76        |       | 13 41 32.1  | 89 07 36.1 | alta        |
| 176                  | -75       |       | -83       |       | -55        |       | 13 41 41.5  | 89 07 17.0 | alta        |
| 177                  | -71       |       | -85       |       | -76        |       | 13 41 47.3  | 89 06 56.6 | alta        |
| 178                  | -79       |       | -110      |       | -53        |       | 13 41 51.6  | 89 06 38.4 | alta        |
| 179                  | -81       |       | -80       |       | -59        |       | 13 41 36.8  | 89 06 37.5 | alta        |
| 180                  | -75       |       | -95       |       | -64        |       | 13 41 37.9  | 89 06 28.4 | alta        |
| 181                  | -72       |       | -113      |       | -75        |       | 13 41 56.8  | 89 06 20.9 | alta        |
| 182                  | -67       |       | -77       |       | -71        |       | 13 42 9.8   | 89 06 26.4 | alta        |
| 183                  | -71       |       | -59       |       | -79        |       | 13 42 22.2  | 89 06 15.2 | alta        |
| 184                  | -86       |       | -61       |       | -81        |       | 13 42 33.1  | 89 06 17.1 | alta        |
| 185                  | -71       |       | -75       |       | -75        |       | 13 42 45.4  | 89 06 16.3 | media       |
| 186                  | -81       |       | -81       |       | -72        |       | 13 42 41.4  | 89 06 31.4 | media       |
| 187                  | -54       |       | -79       |       | -67        |       | 13 42 43.2  | 89 06 55.5 | media       |
| 188                  | -54       |       | -87       |       | -71        |       | 13 42 41.4  | 89 07 5.30 | media       |
| 189                  | -75       |       | -81       |       | -86        |       | 13 42 37.0  | 89 07 23.5 | media       |
| 190                  | -81       |       | -95       |       | -71        |       | 13 42 49.9  | 89 07 39.5 | alta        |
| 191                  | -74       |       | -81       |       | -81        |       | 13 43 6.20  | 89 08 6.90 | alta        |
| 192                  | -85       |       | -53       |       | -54        |       | 13 42 59.1  | 89 08 32.5 | alta        |
| 193                  | -90       |       | -71       |       | -54        |       | 13 42 56.3  | 89 08 30.9 | alta        |
| 194                  | -84       |       | -67       |       | -75        |       | 13 42 44.4  | 89 08 31.5 | alta        |
| 195                  | -79       |       | -61       |       | -78        |       | 13 42 41.0  | 89 08 24.0 | alta        |
| 196                  | -85       |       | -79       |       | -75        |       | 13 42 43.4  | 89 08 14.2 | alta        |
| 197                  | -77       |       | -81       |       | -77        |       | 13 42 33.8  | 89 08 8.0  | alta        |
| 198                  | -95       |       | -73       |       | -86        |       | 13 42 25.1  | 89 11 8.0  | alta        |
| 199                  | -82       |       | -63       |       | -69        |       | 13 42 32.1  | 89 11 27.1 | alta        |
| 200                  | -93       |       | -83       |       | -55        |       | 13 42 30.5  | 89 11 19.1 | alta        |
| 201                  | -93       |       | -87       |       | -73        |       | 13 42 30.5  | 89 11 5.30 | alta        |

**TABLA 5** Mediciones

| Número de Mediciones | DIGICEL   |       | TELEMOVIL |       | TELEFONICA |       | COORDENADAS |             | DENSIDAD    |
|----------------------|-----------|-------|-----------|-------|------------|-------|-------------|-------------|-------------|
|                      | int. de B | canal | int. de B | canal | int. de B  | canal | norte       | oeste       | POBLACIONAL |
| 202                  | -87       |       | -84       |       | -71        |       | 13 42 45.7  | 89 10 52.8  | alta        |
| 203                  | -59       |       | -75       |       | -79        |       | 14 42 42.7  | 89 10 47.3  | alta        |
| 204                  | -73       |       | -107      |       | -85        |       | 13 43 29.0  | 89 10 22.5  | alta        |
| 205                  | -69       |       | -93       |       | -73        |       | 13 43 17.8  | 89 10 13.6  | alta        |
| 206                  | -62       |       | -79       |       | -80        |       | 13 43 9.10  | 89 10 13.0  | alta        |
| 207                  | -67       |       | -103      |       | -74        |       | 13 43 8.90  | 89 10 0.50  | media       |
| 208                  | -61       |       | -85       |       | -69        |       | 13 43 13.70 | 89 9 55.3   | media       |
| 209                  | -73       |       | -89       |       | -73        |       | 13 43 3.90  | 89 9 52.6   | media       |
| 210                  | -61       |       | -67       |       | -89        |       | 13 43 5.4   | 89 9 45.5   | media       |
| 211                  | -74       |       | -85       |       | -94        |       | 13 42 52.9  | 89 9 42.3   | media       |
| 212                  | -76       |       | -82       |       | -91        |       | 13 43 08.6  | 89 9 23.70  | media       |
| 213                  | -67       |       | -83       |       | -69        |       | 13 43 2.5   | 89 9 9.00   | media       |
| 214                  | -65       |       | -63       |       | -81        |       | 13 43 05.3  | 89 8 35.0   | alta        |
| 215                  | -64       |       | -79       |       | -72        |       | 13 43 14.4  | 89 8 32.9   | alta        |
| 216                  | -53       |       | -73       |       | -79        |       | 13 43 18.8  | 89 8 37.5   | alta        |
| 217                  | -60       |       | -79       |       | -65        |       | 13 43 28.8  | 89 8 35.8   | alta        |
| 218                  | -61       |       | -97       |       | -71        |       | 13 43 40.9  | 89 8 34.7   | alta        |
| 219                  | -79       |       | -95       |       | -80        |       | 13 43 49.7  | 89 8 34.3   | alta        |
| 220                  | -84       |       | -105      |       | -75        |       | 13 43 51.4  | 89 8 34.8   | alta        |
| 221                  | -94       |       | -87       |       | -64        |       | 13 43 45.0  | 89 8 44.2   | alta        |
| 222                  | -58       |       | -109      |       | -60        |       | 13 42 43.5  | 89 8 42.2   | alta        |
| 223                  | -71       |       | 91        |       | -57        |       | 13 42 38.2  | 89 8 53.10  | alta        |
| 224                  | -87       |       | -85       |       | -68        |       | 13 42 31.6  | 89 8 58.1   | alta        |
| 225                  | -82       |       | -74       |       | -67        |       | 13 44 5.50  | 89 12 15.8  | media       |
| 226                  | -89       |       | -87       |       | -88        |       | 13 44 7.70  | 89 12 13.2  | media       |
| 227                  | -85       |       | -79       |       | -95        |       | 13 44 7.90  | 89 11 58.7  | media       |
| 228                  | -81       |       | -55       |       | -66        |       | 13 44 6.00  | 89 11 50.2  | media       |
| 229                  | -68       |       | -51       |       | -72        |       | 13 44 1.60  | 89 11 45.8  | media       |
| 230                  | -75       |       | -67       |       | -75        |       | 13 44 4.50  | 89 11 36.1  | media       |
| 231                  | -53       |       | -79       |       | -71        |       | 13 44 5.30  | 89 11 34.3  | media       |
| 232                  | -69       |       | -65       |       | -75        |       | 13 43 53.40 | 89 11 27.0  | media       |
| 233                  | -72       |       | -75       |       | -71        |       | 13 43 48.2  | 89 11 21.8  | media       |
| 234                  | -85       |       | -85       |       | -76        |       | 13 43 40.2  | 89 11 16.1  | media       |
| 235                  | -90       |       | -83       |       | -74        |       | 13 43 43.0  | 89 11 03.7  | media       |
| 236                  | -90       |       | -79       |       | -75        |       | 13 43 47.1  | 89 11 6.30  | media       |
| 237                  | -83       |       | -91       |       | -69        |       | 13 43 56.2  | 89 11 1.00  | media       |
| 238                  | -89       |       | -91       |       | -70        |       | 13 43 49.2  | 89 10 56.7  | media       |
| 239                  | -92       |       | -85       |       | -74        |       | 13 43 50.7  | 89 10 51.40 | media       |
| 240                  | -73       |       | -84       |       | -75        |       | 13 43 42.6  | 89 10 48.3  | media       |
| 241                  | -77       |       | -77       |       | -70        |       | 13 43 58.3  | 89 10 52.0  | media       |
| 242                  | -87       |       | -79       |       | -75        |       | 13 44 4.0   | 89 10 50.3  | media       |
| 243                  | -71       |       | -71       |       | -67        |       | 13 44 7.10  | 89 10 37.8  | media       |
| 244                  | -65       |       | -69       |       | -77        |       | 13 44 13.5  | 89 11 07.6  | media       |
| 245                  | -89       |       | -79       |       | -63        |       | 13 43 51.8  | 89 10 41.9  | media       |
| 246                  | -77       |       | -81       |       | -58        |       | 13 43 49.2  | 89 10 33.1  | media       |
| 247                  | -63       |       | -75       |       | -58        |       | 13 43 42.2  | 89 10 31.4  | media       |
| 248                  | -73       |       | -90       |       | -51        |       | 13 43 30.4  | 89 10 49.3  | media       |
| 249                  | -99       |       | -87       |       | -49        |       | 13 43 28.1  | 89 10 50.4  | media       |
| 250                  | -93       |       | -97       |       | -76        |       | 13 43 20.2  | 89 10 44.6  | media       |
| 251                  | -79       |       | -95       |       | -89        |       | 13 43 14.3  | 89 10 48.2  | media       |
| 252                  | -83       |       | -93       |       | -75        |       | 13 43 6.20  | 89 10 57.0  | media       |
| 253                  | -94       |       | -91       |       | -74        |       | 13 43 3.00  | 89 10 56.7  | media       |
| 254                  | -87       |       | -85       |       | -71        |       | 13 42 58.7  | 89 10 53.4  | media       |

**TABLA 6 Mediciones**

| Número de Mediciones | DIGICEL   |       | TELEMOVIL |       | TELEFONICA |       | COORDENADAS |             | DENSIDAD    |
|----------------------|-----------|-------|-----------|-------|------------|-------|-------------|-------------|-------------|
|                      | int. de B | canal | int. de B | canal | int. de B  | canal | norte       | oeste       | POBLACIONAL |
| 255                  | -77       |       | -87       |       | -63        |       | 13 43 00.0  | 89 10 41.20 | media       |
| 256                  | -71       |       | -75       |       | -79        |       | 13 42 56.6  | 89 10 37.7  | media       |
| 257                  | -61       |       | -85       |       | -76        |       | 13 42 52.5  | 89 10 32.2  | media       |
| 258                  | -54       |       | -75       |       | -83        |       | 13 42 41.5  | 89 10 33.5  | media       |
| 259                  | -59       |       | -61       |       | -73        |       | 13 42 35.2  | 89 10 37.7  | media       |
| 260                  | -65       |       | -53       |       | -72        |       | 13 42 33.0  | 89 10 34.2  | media       |
| 261                  | -74       |       | -63       |       | -73        |       | 13 42 26.1  | 89 10 24.6  | media       |
| 262                  | -79       |       | -69       |       | -69        |       | 13 42 30.3  | 89 10 16.3  | media       |
| 263                  | -83       |       | -67       |       | -57        |       | 13 42 28.0  | 89 10 30.8  | media       |
| 264                  | -67       |       | -57       |       | -67        |       | 13 42 19.7  | 89 10 44.0  | media       |
| 265                  | -76       |       | -61       |       | -58        |       | 13 42 17.0  | 89 10 52.3  | media       |
| 266                  | -82       |       | -77       |       | -73        |       | 13 42 7.20  | 89 10 58.5  | media       |
| 267                  | -65       |       | -76       |       | -60        |       | 13 42 5.30  | 89 11 2.90  | media       |
| 268                  | -69       |       | -77       |       | -74        |       | 13 42 5.80  | 89 11 10.5  | alta        |
| 269                  | -69       |       | -79       |       | -76        |       | 13 42 4.70  | 89 11 12.6  | alta        |
| 270                  | -59       |       | -85       |       | -67        |       | 13 42 4.5   | 89 11 16.3  | alta        |
| 271                  | -67       |       | -63       |       | -65        |       | 13 42 2.80  | 89 11 14.5  | alta        |
| 272                  | -57       |       | -67       |       | -64        |       | 13 41 53.1  | 89 11 15.7  | alta        |
| 273                  | -73       |       | -59       |       | -53        |       | 13 41 49.5  | 89 11 17.1  | alta        |
| 274                  | -57       |       | -57       |       | -60        |       | 13 41 46.3  | 89 11 17.3  | alta        |
| 275                  | -74       |       | -83       |       | -78        |       | 13 41 36.6  | 89 11 14.6  | alta        |
| 276                  | -76       |       | -58       |       | -71        |       | 13 41 28.2  | 89 11 16.9  | alta        |
| 277                  | -67       |       | -61       |       | -77        |       | 13 41 26.4  | 89 11 17.5  | alta        |
| 278                  | -65       |       | -80       |       | -70        |       | 13 41 22.2  | 89 11 24.0  | alta        |
| 279                  | -62       |       | -89       |       | -66        |       | 13 41 15.3  | 89 11 22.7  | alta        |
| 280                  | -53       |       | -81       |       | -73        |       | 13 41 14.6  | 89 11 19.2  | alta        |
| 281                  | -60       |       | -83       |       | -86        |       | 13 41 18.0  | 89 11 04.9  | alta        |
| 282                  | -78       |       | -85       |       | -63        |       | 13 41 17.7  | 89 11 9.10  | alta        |
| 283                  | -71       |       | -95       |       | -65        |       | 13 41 16.8  | 89 10 59.7  | alta        |
| 284                  | -91       |       | -73       |       | -71        |       | 13 41 07.9  | 89 10 53.3  | alta        |
| 285                  | -99       |       | -81       |       | -75        |       | 13 41 15.2  | 89 10 50.6  | alta        |
| 286                  | -97       |       | -83       |       | -72        |       | 13 41 24.2  | 89 10 47.1  | alta        |
| 287                  | -93       |       | -97       |       | -83        |       | 13 41 15.1  | 89 10 40.0  | alta        |
| 288                  | -93       |       | -85       |       | -71        |       | 13 41 16.5  | 89 10 35.7  | alta        |
| 289                  | -101      |       | -84       |       | -66        |       | 13 41 05.0  | 89 10 36.1  | alta        |
| 290                  | -93       |       | -95       |       | -71        |       | 13 41 00.9  | 89 10 56.3  | alta        |
| 291                  | -73       |       | -95       |       | -79        |       | 13 40 57.3  | 89 11 7.20  | alta        |
| 292                  | -95       |       | -75       |       | -63        |       | 13 40 58.1  | 89 11 18.7  | alta        |
| 293                  | -87       |       | -93       |       | -76        |       | 13 40 52.7  | 89 11 16.5  | alta        |
| 294                  | -91       |       | -83       |       | -67        |       | 13 40 46.2  | 89 11 8.90  | alta        |
| 295                  | -87       |       | -95       |       | -64        |       | 13 40 53.9  | 89 11 0.20  | alta        |
| 296                  | -87       |       | -93       |       | -67        |       | 13 41 21.9  | 89 11 23.2  | alta        |
| 297                  | -86       |       | -81       |       | -59        |       | 13 41 17.2  | 89 11 33.4  | alta        |
| 298                  | -79       |       | -97       |       | -58        |       | 13 41 20.1  | 89 11 30.8  | alta        |
| 299                  | -85       |       | -89       |       | -66        |       | 13 41 27.5  | 89 11 31.5  | alta        |
| 300                  | -89       |       | -71       |       | -66        |       | 13 41 37.7  | 89 11 27.9  | alta        |
| 301                  | -91       |       | -75       |       | -57        |       | 13 41 37.6  | 89 11 40.2  | alta        |
| 302                  | -88       |       | -73       |       | -54        |       | 13 41 46.0  | 89 11 26.7  | alta        |
| 303                  | -79       |       | -85       |       | -63        |       | 13 41 57.2  | 89 11 26.1  | alta        |
| 304                  | -71       |       | -67       |       | -69        |       | 13 41 49.6  | 89 11 45.0  | alta        |
| 305                  | -75       |       | -65       |       | -69        |       | 13 41 37.8  | 89 11 54.2  | alta        |
| 306                  | -69       |       | -69       |       | -53        |       | 13 41 50.8  | 89 12 0.00  | media       |
| 307                  | -61       |       | -57       |       | -70        |       | 13 42 0.20  | 89 11 36.5  | media       |

**TABLA 7 Mediciones**

| Número de Mediciones | DIGICEL   |       | TELEMOVIL |       | TELEFONICA |       | COORDENADAS |             | DENSIDAD    |
|----------------------|-----------|-------|-----------|-------|------------|-------|-------------|-------------|-------------|
|                      | int. de B | canal | int. de B | canal | int. de B  | canal | norte       | oeste       | POBLACIONAL |
| 308                  | -58       |       | -67       |       | -73        |       | 13 42 0.70  | 89 11 41.3  | media       |
| 309                  | -56       |       | -85       |       | -71        |       | 13 42 1.60  | 89 11 47.8  | media       |
| 310                  | -95       |       | -69       |       | -75        |       | 13 42 2.30  | 89 11 55.0  | media       |
| 311                  | -90       |       | -63       |       | -78        |       | 13 42 2.90  | 89 12 1.70  | media       |
| 312                  | -80       |       | -67       |       | -59        |       | 13 42 3.70  | 89 12 10.6  | media       |
| 313                  | -89       |       | -65       |       | -70        |       | 13 42 4.50  | 89 12 17.2  | media       |
| 314                  | -89       |       | -63       |       | -57        |       | 13 42 7.80  | 89 12 17.9  | media       |
| 315                  | -71       |       | -93       |       | -52        |       | 13 42 17.9  | 89 12 16.2  | media       |
| 316                  | -75       |       | -73       |       | -55        |       | 13 42 23.40 | 89 12 15.5  | alta        |
| 317                  | -73       |       | -77       |       | -58        |       | 13 42 28.0  | 89 12 14.8  | alta        |
| 318                  | -85       |       | -87       |       | -59        |       | 13 42 38.2  | 89 12 12.9  | alta        |
| 319                  | -83       |       | -71       |       | -71        |       | 13 42 47.6  | 89 12 12.3  | alta        |
| 320                  | -78       |       | -65       |       | -70        |       | 13 42 53.8  | 89 12 12.0  | alta        |
| 321                  | -71       |       | -89       |       | -59        |       | 13 42 55.3  | 89 12 12.6  | alta        |
| 322                  | -67       |       | -77       |       | -76        |       | 13 42 54.9  | 89 12 21.0  | alta        |
| 323                  | -53       |       | -66       |       | -65        |       | 13 42 54.0  | 89 12 29.2  | alta        |
| 324                  | -54       |       | -73       |       | -78        |       | 13 43 11.2  | 89 12 20.5  | alta        |
| 325                  | -56       |       | -99       |       | -66        |       | 13 43 16.4  | 89 12 13.6  | alta        |
| 326                  | -79       |       | -93       |       | -67        |       | 13 43 25.6  | 89 12 10.60 | alta        |
| 327                  | -78       |       | -79       |       | -74        |       | 13 43 33.9  | 89 12 7.70  | alta        |
| 328                  | -73       |       | -83       |       | -74        |       | 13 43 39.70 | 89 12 7.20  | alta        |
| 329                  | -63       |       | -94       |       | -66        |       | 13 43 41.7  | 89 12 7.00  | alta        |
| 330                  | -55       |       | -65       |       | -72        |       | 13 42 3.10  | 89 13 30.5  | alta        |
| 331                  | -60       |       | -79       |       | -74        |       | 13 42 39.4  | 89 14 44.5  | alta        |
| 332                  | -67       |       | -93       |       | -65        |       | 13 42 32.5  | 89 14 44.0  | alta        |
| 333                  | -60       |       | -85       |       | -67        |       | 13 42 34.0  | 89 14 29.5  | alta        |
| 334                  | -69       |       | -95       |       | -60        |       | 13 42 37.8  | 89 14 27.3  | alta        |
| 335                  | -63       |       | -107      |       | -79        |       | 13 42 42.0  | 89 14 26.1  | alta        |
| 336                  | -65       |       | -99       |       | -78        |       | 13 42 16.7  | 89 14 19.4  | alta        |
| 337                  | -65       |       | -93       |       | -76        |       | 13 42 28.8  | 89 14 26.0  | alta        |
| 338                  | -67       |       | -95       |       | -82        |       | 13 42 43.5  | 89 14 41.8  | alta        |
| 339                  | -66       |       | -60       |       | -89        |       | 13 42 53.2  | 89 14 50.0  | alta        |
| 340                  | -61       |       | -67       |       | -82        |       | 13 43 3.50  | 89 14 41.4  | alta        |
| 341                  | -57       |       | -96       |       | -82        |       | 13 42 38.7  | 89 15 4.30  | alta        |
| 342                  | -67       |       | -84       |       | -84        |       | 13 42 41.4  | 89 15 5.20  | alta        |
| 343                  | -61       |       | -81       |       | -82        |       | 13 42 40.8  | 89 15 9.20  | alta        |
| 344                  | -61       |       | -69       |       | -82        |       | 13 42 31.6  | 89 15 12.8  | alta        |
| 345                  | -59       |       | -77       |       | -82        |       | 13 42 27.7  | 89 15 18.0  | alta        |
| 346                  | -63       |       | -85       |       | -62        |       | 13 42 14.5  | 89 14 14.1  | alta        |
| 347                  | -65       |       | -97       |       | -68        |       | 13 42 11.4  | 89 15 17.8  | alta        |
| 348                  | -54       |       | -95       |       | -73        |       | 13 42 27.2  | 89 14 17.5  | alta        |
| 349                  | -55       |       | -91       |       | -91        |       | 13 42 22.0  | 89 14 10.8  | alta        |
| 350                  | -64       |       | -81       |       | -85        |       | 13 42 25.5  | 89 14 59.0  | alta        |
| 351                  | -59       |       | -67       |       | -87        |       | 13 42 18.5  | 89 14 54.8  | alta        |
| 352                  | -69       |       | -69       |       | -85        |       | 13 42 17.2  | 89 14 37.6  | alta        |
| 353                  | -60       |       | -87       |       | -80        |       | 13 43 4.3   | 89 13 3.80  | alta        |
| 354                  | -62       |       | -103      |       | -77        |       | 13 43 5.4   | 89 13 21.9  | alta        |
| 355                  | -58       |       | -89       |       | -75        |       | 13 43 18.5  | 89 13 18.9  | alta        |
| 356                  | -64       |       | -93       |       | -89        |       | 13 43 23.0  | 89 13 19.3  | alta        |
| 357                  | -75       |       | -91       |       | -80        |       | 13 43 25.2  | 89 13 27.4  | alta        |
| 358                  | -77       |       | -101      |       | -89        |       | 13 43 28.5  | 89 13 32.1  | alta        |
| 359                  | -66       |       | -95       |       | -78        |       | 13 43 33.7  | 89 13 41.7  | alta        |
| 360                  | -63       |       | -85       |       | -70        |       | 13 43 33.6  | 89 13 52.2  | alta        |

**TABLA 8 Mediciones**

| Número de Mediciones | DIGICEL   |       | TELEMOVIL |       | TELEFONICA |       | COORDENADAS |            | DENSIDAD    |
|----------------------|-----------|-------|-----------|-------|------------|-------|-------------|------------|-------------|
|                      | int. de B | canal | int. de B | canal | int. de B  | canal | norte       | oeste      | POBLACIONAL |
| 361                  | -64       |       | -89       |       | -86        |       | 13 43 40.5  | 89 13 20.2 | alta        |
| 362                  | -55       |       | -81       |       | -81        |       | 13 43 22.7  | 89 13 7.10 | alta        |
| 363                  | -69       |       | -83       |       | 82         |       | 13 43 23.8  | 89 13 0.60 | alta        |
| 364                  | -71       |       | -75       |       | -80        |       | 13 43 22.5  | 89 12 43.0 | alta        |
| 365                  | -72       |       | -95       |       | -87        |       | 13 43 16.6  | 89 12 28.8 | alta        |
| 366                  | -59       |       | -79       |       | -87        |       | 13 43 15.4  | 89 12 24.3 | alta        |
| 367                  | -68       |       | -97       |       | -70        |       | 13 43 08.1  | 89 12 37.7 | alta        |
| 368                  | -64       |       | -81       |       | -63        |       | 13 43 4.0   | 89 12 28.5 | alta        |
| 369                  | -58       |       | -85       |       | -72        |       | 13 43 1.50  | 89 12 30.0 | alta        |
| 370                  | -56       |       | -93       |       | -78        |       | 13 42 58.0  | 89 12 38.4 | alta        |
| 371                  | -61       |       | -95       |       | -82        |       | 13 42 44.4  | 89 12 45.7 | alta        |
| 372                  | -67       |       | -103      |       | -85        |       | 13 42 49.1  | 89 12 51.8 | alta        |
| 373                  | -60       |       | -113      |       | -78        |       | 13 42 32.1  | 89 12 46.8 | alta        |
| 374                  | -59       |       | -99       |       | -66        |       | 13 42 43.3  | 89 12 42.1 | alta        |
| 375                  | -62       |       | -79       |       | -83        |       | 13 42 37.5  | 89 12 32.8 | alta        |
| 376                  | -57       |       | -71       |       | -69        |       | 13 42 40.8  | 89 12 57.6 | alta        |
| 377                  | -65       |       | -87       |       | -62        |       | 13 42 35.7  | 89 12 33.4 | alta        |
| 378                  | -52       |       | -81       |       | -63        |       | 13 42 25.1  | 89 12 35.7 | alta        |
| 379                  | -59       |       | -77       |       | -65        |       | 13 42 22.7  | 89 12 51.5 | media       |
| 380                  | -55       |       | -89       |       | -80        |       | 13 42 21.3  | 89 12 58.7 | media       |
| 381                  | -60       |       | -87       |       | -85        |       | 13 42 23.1  | 89 13 9.10 | media       |
| 382                  | -57       |       | -95       |       | -83        |       | 13 42 36.8  | 89 13 12.2 | media       |
| 383                  | -55       |       | -97       |       | -94        |       | 13 42 25.6  | 89 13 22.0 | media       |
| 384                  | -61       |       | -77       |       | -89        |       | 13 42 32.1  | 89 13 25.6 | media       |
| 385                  | -59       |       | -81       |       | -80        |       | 13 42 38.2  | 89 13 28.3 | media       |
| 386                  | -71       |       | -113      |       | -76        |       | 13 42 55.5  | 89 13 24.1 | media       |
| 387                  | -67       |       | -97       |       | -75        |       | 13 42 57.3  | 89 13 23.8 | media       |
| 388                  | -57       |       | -63       |       | -79        |       | 13 42 31.0  | 89 13 34.2 | media       |
| 389                  | -62       |       | -79       |       | -82        |       | 13 42 26.1  | 89 13 39.3 | media       |
| 390                  | -67       |       | -81       |       | -81        |       | 13 42 29.5  | 89 13 54.9 | media       |
| 391                  | -56       |       | -79       |       | -72        |       | 13 42 23.0  | 89 14 0.90 | media       |
| 392                  | -57       |       | -87       |       | -82        |       | 13 41 51.3  | 89 14 8.10 | media       |
| 393                  | -63       |       | -83       |       | -94        |       | 13 41 46.8  | 89 14 9.00 | media       |
| 394                  | -60       |       | -85       |       | -80        |       | 13 41 42.6  | 89 14 17.5 | media       |
| 395                  | -61       |       | -75       |       | -64        |       | 13 41 30.4  | 89 14 18.4 | media       |
| 396                  | -56       |       | -67       |       | -75        |       | 13 41 42.0  | 89 14 30.2 | media       |
| 397                  | -59       |       | -83       |       | -67        |       | 13 41 27.4  | 89 14 33.9 | media       |
| 398                  | -63       |       | -73       |       | -79        |       | 13 41 29.50 | 89 13 44.2 | alta        |
| 399                  | -61       |       | -82       |       | -75        |       | 13 41 24.30 | 89 13 32.5 | alta        |
| 400                  | -59       |       | -65       |       | -66        |       | 13 41 12.0  | 89 13 39.0 | alta        |
| 401                  | -59       |       | -77       |       | -63        |       | 13 41 7.00  | 89 13 31.3 | alta        |
| 402                  | -67       |       | -79       |       | -66        |       | 13 41 2.00  | 89 13 48.9 | alta        |
| 403                  | -63       |       | -97       |       | -67        |       | 13 40 50.00 | 89 14 0.50 | alta        |
| 404                  | -70       |       | -67       |       | -72        |       | 13 40 37.5  | 89 14 7.00 | alta        |
| 405                  | -69       |       | -76       |       | -75        |       | 13 40 29.3  | 89 14 56.2 | alta        |
| 406                  | -62       |       | -75       |       | -80        |       | 13 40 22.5  | 89 13 46.0 | alta        |
| 407                  | -73       |       | -73       |       | -70        |       | 13 40 35.1  | 89 13 32.6 | alta        |
| 408                  | -69       |       | -67       |       | -87        |       | 13 40 33.0  | 89 13 17.0 | alta        |
| 409                  | -63       |       | -69       |       | -74        |       | 13 40 48.7  | 89 13 6.60 | alta        |
| 410                  | -57       |       | -80       |       | -77        |       | 13 40 48.2  | 89 13 41.0 | alta        |
| 411                  | -64       |       | -76       |       | -82        |       | 13 41 20.6  | 89 13 5.23 | alta        |
| 412                  | -65       |       | -74       |       | -65        |       | 13 41 15.8  | 89 13 12.6 | alta        |
| 413                  | -60       |       | -67       |       | -71        |       | 13 41 11.0  | 89 13 22.0 | alta        |

**TABLA 9** Mediciones

| Número de Mediciones | DIGICEL   |       | TELEMOVIL |       | TELEFONICA |       | COORDENADAS |             | DENSIDAD    |
|----------------------|-----------|-------|-----------|-------|------------|-------|-------------|-------------|-------------|
|                      | int. de B | canal | int. de B | canal | int. de B  | canal | norte       | oeste       | POBLACIONAL |
| 414                  | -63       |       | -68       |       | -62        |       | 13 41 23.4  | 89 13 24.3  | alta        |
| 415                  | -66       |       | -71       |       | -64        |       | 13 41 33.8  | 89 13 19.4  | alta        |
| 416                  | -70       |       | -76       |       | -63        |       | 13 41 48.3  | 89 13 17.0  | alta        |
| 417                  | -73       |       | -77       |       | -69        |       | 13 41 13.1  | 89 12 53.2  | alta        |
| 418                  | -82       |       | -71       |       | -57        |       | 13 41 3.50  | 89 12 47.2  | alta        |
| 419                  | -71       |       | -72       |       | -71        |       | 13 40 47.7  | 89 12 46.5  | alta        |
| 420                  | -75       |       | -67       |       | -74        |       | 13 40 45.2  | 89 13 34.4  | alta        |
| 421                  | -71       |       | -77       |       | -68        |       | 13 40 0.80  | 89 12 24.8  | alta        |
| 422                  | -58       |       | -70       |       | -61        |       | 13 40 2.00  | 89 12 15.4  | alta        |
| 423                  | -72       |       | -79       |       | -69        |       | 13 40 33.5  | 89 12 3.80  | alta        |
| 424                  | -63       |       | -69       |       | -79        |       | 13 40 46.2  | 89 11 55.0  | alta        |
| 425                  | -66       |       | -75       |       | -76        |       | 13 40 48.7  | 89 12 8.0   | alta        |
| 426                  | -76       |       | -71       |       | -72        |       | 13 40 54.1  | 89 12 22.0  | alta        |
| 427                  | -68       |       | -81       |       | -56        |       | 13 41 10.6  | 89 12 13.8  | alta        |
| 428                  | -77       |       | -77       |       | -74        |       | 13 41 7.80  | 89 12 3.50  | alta        |
| 429                  | -59       |       | -69       |       | -70        |       | 13 41 2.75  | 89 11 46.0  | alta        |
| 430                  | -78       |       | -69       |       | -73        |       | 13 41 17.1  | 89 12 2.30  | alta        |
| 431                  | -79       |       | -82       |       | -61        |       | 13 41 21.6  | 89 11 56.70 | alta        |
| 432                  | -59       |       | -74       |       | -63        |       | 13 41 16.0  | 89 11 52.3  | alta        |
| 433                  | -60       |       | -65       |       | -67        |       | 13 41 15.2  | 89 11 49.8  | alta        |
| 434                  | -57       |       | -69       |       | -75        |       | 13 41 4.40  | 89 11 31.6  | alta        |
| 435                  | -77       |       | -83       |       | -69        |       | 13 40 43.5  | 89 11 32.5  | alta        |
| 436                  | -77       |       | -77       |       | -70        |       | 13 40 34.0  | 89 11 37.1  | alta        |
| 437                  | -79       |       | -85       |       | -65        |       | 13 40 23.6  | 89 11 34.15 | alta        |
| 438                  | -75       |       | -80       |       | -71        |       | 13 40 24.0  | 89 11 32.0  | alta        |
| 439                  | -70       |       | -77       |       | -67        |       | 13 40 14.1  | 89 11 26.0  | alta        |
| 440                  | -72       |       | -75       |       | -63        |       | 13 40 2.80  | 89 11 27.1  | alta        |
| 441                  | -67       |       | -81       |       | -77        |       | 13 39 52.3  | 89 11 23.5  | alta        |
| 442                  | -59       |       | -79       |       | -71        |       | 13 39 42.5  | 89 11 19.0  | alta        |
| 443                  | -65       |       | -68       |       | -70        |       | 13 39 41.6  | 89 11 17.8  | alta        |
| 444                  | -63       |       | -68       |       | -70        |       | 13 39 43.0  | 89 11 7.90  | alta        |
| 445                  | -70       |       | -67       |       | -79        |       | 13 39 44.1  | 89 11 2.50  | alta        |
| 446                  | -64       |       | -72       |       | -72        |       | 13 39 54.2  | 89 11 1.30  | alta        |
| 447                  | -63       |       | -66       |       | -69        |       | 13 40 0.30  | 89 11 11.27 | alta        |
| 448                  | -61       |       | -69       |       | -66        |       | 13 41 16    | 89 11 19.0  | alta        |
| 449                  | -59       |       | -75       |       | -67        |       | 13 41 25.0  | 89 11 24.8  | alta        |
| 450                  | -71       |       | -62       |       | -69        |       | 13 41 36.7  | 89 11 28.0  | alta        |
| 451                  | -65       |       | -68       |       | -70        |       | 13 41 56.6  | 89 10 20.0  | alta        |
| 452                  | -60       |       | -70       |       | -75        |       | 13 41 58.1  | 89 10 7.70  | media       |
| 453                  | -57       |       | -69       |       | -75        |       | 13 41 57.3  | 89 09 59.1  | media       |
| 454                  | -59       |       | -66       |       | -71        |       | 13 42 1.70  | 89 09 46.2  | media       |
| 455                  | -64       |       | -59       |       | -63        |       | 13 41 56.0  | 89 09 48.0  | media       |
| 456                  | -60       |       | -62       |       | -78        |       | 13 41 47.0  | 89 09 50.1  | media       |
| 457                  | -62       |       | -65       |       | -68        |       | 13 41 37.5  | 89 10 2.20  | media       |
| 458                  | -57       |       | -77       |       | -63        |       | 13 41 33.5  | 89 10 7.50  | media       |
| 459                  | -57       |       | -82       |       | -60        |       | 13 41 36.2  | 89 10 12.6  | media       |
| 460                  | -57       |       | -75       |       | -71        |       | 13 41 43.0  | 89 10 11.3  | media       |
| 461                  | -69       |       | -65       |       | -59        |       | 13 41 41.9  | 89 10 12.8  | media       |
| 462                  | -55       |       | -85       |       | -61        |       | 13 41 27.2  | 89 10 3.90  | media       |
| 463                  | -77       |       | -82       |       | -71        |       | 13 41 22.8  | 89 09 56.1  | media       |
| 464                  | -65       |       | -67       |       | -77        |       | 13 41 24.7  | 89 09 48.7  | media       |
| 465                  | -64       |       | -69       |       | -73        |       | 13 41 34.8  | 89 09 47.1  | media       |
| 466                  | -66       |       | -60       |       | -76        |       | 13 41 41.6  | 89 09 46.4  | media       |

**TABLA 10** Mediciones

| Número de Mediciones | DIGICEL   |       | TELEMOVIL |       | TELEFONICA |       | COORDENADAS |             | DENSIDAD    |
|----------------------|-----------|-------|-----------|-------|------------|-------|-------------|-------------|-------------|
|                      | int. de B | canal | int. de B | canal | int. de B  | canal | norte       | oeste       | POBLACIONAL |
| 467                  | -64       |       | -63       |       | -75        |       | 13 41 38.3  | 89 09 53.0  | media       |
| 468                  | -55       |       | -69       |       | -67        |       | 13 41 43.0  | 89 09 52.1  | media       |
| 469                  | -72       |       | -73       |       | -67        |       | 13 41 58.1  | 89 09 33.7  | media       |
| 470                  | -55       |       | -87       |       | -71        |       | 13 41 57.6  | 89 09 22.5  | media       |
| 471                  | -54       |       | -71       |       | -61        |       | 13 41 55.2  | 89 09 11.6  | media       |
| 472                  | -74       |       | -69       |       | -63        |       | 13 41 53.0  | 89 09 1.70  | media       |
| 473                  | -65       |       | -75       |       | -73        |       | 13 41 46.5  | 89 09 8.30  | media       |
| 474                  | -68       |       | -82       |       | -65        |       | 13 41 38.4  | 89 09 11.0  | media       |
| 475                  | -81       |       | -89       |       | -68        |       | 13 41 29.3  | 899 09 17.6 | media       |
| 476                  | -77       |       | -85       |       | -76        |       | 13 41 30.0  | 89 09 8.70  | media       |
| 477                  | -67       |       | -77       |       | -65        |       | 13 41 33.2  | 89 09 3.60  | media       |
| 478                  | -56       |       | -69       |       | -64        |       | 13 42 4.00  | 89 08 58.0  | media       |
| 479                  | -65       |       | -75       |       | -69        |       | 13 42 7.50  | 89 08 49.1  | media       |
| 480                  | -70       |       | -81       |       | -79        |       | 13 42 1.00  | 89 08 35.8  | media       |

## CONVERCION DE No. DE CANALES A CANALES DE FRECUENCIA

A continuación se presentan los pasos a seguir para convertir el número de canal de radiofrecuencia medido con el teléfono en el modo de ingeniería a su valor de frecuencia, necesario para configurar en ancho de banda de frecuencia del equipo analizador de espectro en la parte de validación del método de medición empleado, también se presenta un ejemplo de conversión para cada uno de los operadores en estudio.

En la siguiente tabla se presentan diferentes valores de # de canal de estaciones base de los tres operadores:

| <b>Operador de Telefonía</b> | <b>Ancho de banda del canal</b> | <b># de canal</b> |
|------------------------------|---------------------------------|-------------------|
| Telemóvil                    | 30 KHz                          | 100               |
| Telefónica                   | 1.23 MHz                        | 384               |
| Digicel                      | 200 KHz                         | 100               |

Para la conversión de canales de Telemóvil se utiliza la siguiente formula:

$$\text{Frecuencia de canal} = ( 870 + ( \# \text{canal} * 0.03 ) ) \text{ MHz}$$

Para el valor del canal # 100 tenemos

$$\text{Frecuencia de canal} = ( 870 + ( 100 * 0.03 ) ) \text{ MHz}$$

$$\text{Frecuencia de canal} = \mathbf{873.00 \text{ MHz}}$$

En el caso de Telefónica la formula es :

$$\text{Frecuencia de canal} = ( 879 + ( \# \text{canal} * 0.03 ) ) \text{ MHz}$$

Para el valor del canal # 384 ( único para transmisión ) tenemos

$$\text{Frecuencia de canal} = ( 879 + ( 100 * 0.03 ) ) \text{ MHz}$$

$$\text{Frecuencia de canal} = \mathbf{890.52 \text{ MHz}}$$

En el caso de Digicel la cosa es más complicada, pues hay que hacer uso de las siguientes tablas:

| <b>Diferencia entre canales</b> | <b>Diferencial de frecuencia</b> |
|---------------------------------|----------------------------------|
| 1                               | 0.200                            |
| 2                               | 0.400                            |
| 3                               | 0.600                            |
| 4                               | 0.800                            |

**TABLA 11**

| <b># de canal</b> | <b>TX ( downlink )</b> | <b># de canal</b> | <b>TX ( downlink )</b> |
|-------------------|------------------------|-------------------|------------------------|
| 1                 | 935.200                | 65                | 948.000                |
| 2                 | 935.400                | 70                | 949.000                |
| 3                 | 935.600                | 75                | 950.000                |
| 4                 | 935.800                | 80                | 951.000                |
| 5                 | 936.000                | 85                | 952.000                |
| 10                | 937.000                | 90                | 953.000                |
| 15                | 938.000                | 95                | 954.000                |
| 20                | 939.000                | 100               | 955.000                |
| 25                | 940.000                | 105               | 956.000                |
| 30                | 941.000                | 110               | 957.000                |
| 35                | 942.000                | 115               | 958.000                |
| 40                | 943.000                | 120               | 959.000                |
| 45                | 944.000                | 121               | 959.200                |
| 50                | 945.000                | 122               | 959.400                |
| 55                | 946.000                | 123               | 959.600                |

En el caso de Digicel el # de canal es **100**, de la **tabla 2** podemos obtener directamente la frecuencia del canal, que corresponde a **955.00MHz** (down-link)

Si por el contrario el número de canal es un valor que no se puede leer directamente en la **tabla 2**, la metodología cambia de la manera siguiente :

Si el canal es el # 98 de la **tabla 2** tomamos el valor del canal inferior, para el caso es # 95 , (que corresponde a un valor de frecuencia de **954.000 MHz**) y se toma la diferencia entre los dos valores.

$$98 - 95 = 3$$

En la **tabla 1** la diferencia de 3 corresponde a un diferencial de frecuencia de 0.600, el cual es agregado al valor de frecuencia leído en la **tabla 2**

$$954.000 + 0.600$$

Por lo que el canal # 98 corresponde a la frecuencia de canal **954.600 MHz**

NOTA: Es de tomar en cuenta que el valor de frecuencia encontrado corresponde al valor inferior del ancho de banda de canal medido.

## PASOS PARA EL CÁLCULO DE DENSIDAD DE POTENCIA EN UN PUNTO

1. Escogemos la zona de interés y luego un punto específico donde se ha tomado una medición.( Zona Escalón – San Benito, punto # 392 ).
2. Encontramos el valor de las pérdidas de propagación de ese punto.

$$L_B = L_F - L_{RTS} - L_{MS}$$

Donde:

$L_F$  = pérdidas en espacio libre

$L_{RTS}$  = pérdidas por difracción y dispersión entre el cielo y el suelo

$L_{MS}$  = pérdidas por multipantalla.

Los parámetros que intervienen en el método de predicción son:

$h_B$  : 35 m.

$h_M$  : 1.5 m.

$H_R$  : 7.5 m.

$W$  : 12 m.

$b$  : 12 m.

$\alpha$  : 55 grados

$\Delta h_B$  = 27.5 m.

$\Delta h_R$  = 6 m.

Las pérdidas en espacio libre vienen dadas como:

$$L_F = 32.4 + 20 \log ( 0.630 ) + 20 \log ( 559.8 ) \text{ [ db ]}$$

$$L_F = \mathbf{88.1 \text{ db}}$$

Las pérdidas por difracción y dispersión vienen dadas como:

$$L_{RTS} = -16.9 - \log(12) + 10 \log(59.8) + 20 \log(6) + 2.65 \text{ [ db ]}$$

$$L_{RTS} = \mathbf{19.35}$$

Las pérdidas por multipantalla su valor es:

$$L_{MS} = -21.67 + 54 + 18 \log(0.630) + (-3.95 * \log(559.8) - (9 * \log 12))$$

Donde:

$$b = 12 \text{ m.}$$

$$L_{BSH} = -18 \log(1 + \Delta h_B), \text{ si } \Delta h_B < 0$$

$$k_A = 54, \text{ para } \Delta h_B > 0$$

$$k_D = 18, \text{ para } \Delta h_B > 0$$

$$k_F = -4 + 0.70 \left( \left( \frac{f}{925} \right) - 1 \right) \text{ para ciudades de tamaño medio y zonas suburbanas con densidad de vegetación moderada.}$$

$$L_{MS} = \mathbf{7.94 \text{ db}}$$

Por lo que:

$$L_B = 88.08 - 19.35 - 7.94 = \mathbf{115.39 \text{ db}}$$

3. Encontramos el PIRE

$$\text{PIRE} = L_B + P$$

Donde P es la medida de potencia en el lector del móvil.

$$P = \mathbf{-57 \text{ dbm.}}$$

$$\text{PIRE} = 115.39 - 57 = \mathbf{58.39 \text{ db}}$$

4. Encontramos densidad de potencia

$$S \doteq \frac{PIRE}{4 \cdot \pi \cdot R^2} \equiv \frac{PIRE}{4 \cdot \pi \cdot R^2}$$

Donde :

$S$  = Densidad de potencia [ mW / cm<sup>2</sup> ]

$P$  = Potencia de entrada a la antena [ mW ]

$G$  = Ganancia de la antena en la dirección de interés relativa a un radiador isotrópico.

$R$  = Distancia a las antenas [ cm ]

$PIRE$  = Potencia Isotrópica Radiada Equivalente por la antena [mW]

$$S \equiv \frac{(1E6(10^{(58.39/10)}-3))}{4 \cdot \pi \cdot (630*100)^2}$$

$$S = 0.0138553 \text{ [ uW / cm}^2 \text{ )}$$

## **REPRESENTACIONES GRÁFICAS**

A continuación se presentan las tablas y gráficas de distribución radioeléctrica para cada una de las zonas del área metropolitana de San Salvador.

Gráfico de Densidad de Potencia vrs. Distancia de la medición a la estación base más cercana, para cada una de las operadoras de telefonía móvil. Esto para ver el nivel máximo de densidad de potencia en esa zona y su comportamiento con respecto a la distancia.

Gráfico de Densidad de Potencia vrs. Punto de medición, graficando las mediciones de densidad de potencia para los tres operadores . Esto para ver cual de los operadores tiene el mayor valor de densidad de potencia en un punto determinado.

El análisis de los resultados se ha hecho para cada zona por separado, tomando en cuenta que cada zona tiene características diferentes, cantidad de usuarios, nivel de cobertura, edificaciones diferentes, etc.

### MEDICIONES TELEMOVIL ZONA Soyapango Sur

| Número de Medición | TELEMOVIL |       | Frecuencia | Perdidas de      | PIRE [db] | Densidad de                 |
|--------------------|-----------|-------|------------|------------------|-----------|-----------------------------|
|                    | int. de B | Dist. | MHz.       | Propagación [db] |           | Potencia uW/cm <sup>2</sup> |
| 456                | -62       | 90    | 890.01     | 82.11            | 20.11     | 0.000100871                 |
| 455                | -59       | 120   | 890.01     | 87.17            | 28.17     | 0.000363012                 |
| 148                | -97       | 150   | 890.01     | 90.86            | -6.14     | 0.000000086                 |
| 472                | -69       | 180   | 890.01     | 93.86            | 24.86     | 0.000075316                 |
| 468                | -69       | 200   | 890.01     | 95.60            | 26.60     | 0.000091044                 |
| 466                | -60       | 250   | 890.01     | 99.29            | 39.29     | 0.001080656                 |
| 149                | -93       | 275   | 890.01     | 100.86           | 7.86      | 0.000000643                 |
| 160                | -89       | 275   | 890.01     | 100.86           | 11.86     | 0.000001615                 |
| 159                | -83       | 280   | 890.01     | 101.16           | 18.16     | 0.000006642                 |
| 162                | -62       | 315   | 890.01     | 103.10           | 41.10     | 0.001033604                 |
| 467                | -63       | 350   | 890.01     | 104.84           | 41.84     | 0.000992471                 |
| 454                | -66       | 360   | 890.01     | 105.30           | 39.30     | 0.000523287                 |
| 147                | -67       | 375   | 890.01     | 105.98           | 38.98     | 0.000447354                 |
| 473                | -75       | 390   | 890.01     | 106.62           | 31.62     | 0.000076087                 |
| 453                | -69       | 410   | 890.01     | 107.45           | 38.45     | 0.000331441                 |
| 465                | -69       | 420   | 890.01     | 107.85           | 38.85     | 0.000346134                 |
| 471                | -71       | 485   | 890.01     | 110.22           | 39.22     | 0.000282963                 |
| 478                | -69       | 495   | 890.01     | 110.56           | 41.56     | 0.000465248                 |
| 469                | -73       | 500   | 890.01     | 110.72           | 37.72     | 0.000188600                 |
| 479                | -75       | 500   | 890.01     | 110.72           | 35.72     | 0.000118998                 |
| 457                | -65       | 520   | 890.01     | 111.37           | 46.37     | 0.001277031                 |
| 474                | -82       | 530   | 890.01     | 111.69           | 29.69     | 0.000026369                 |
| 477                | -77       | 535   | 890.01     | 111.84           | 34.84     | 0.000084807                 |
| 461                | -65       | 560   | 890.01     | 112.59           | 47.59     | 0.001459264                 |
| 164                | -85       | 600   | 890.01     | 113.73           | 28.73     | 0.000016522                 |
| 155                | -67       | 640   | 890.01     | 114.80           | 47.80     | 0.001170898                 |
| 476                | -85       | 700   | 890.01     | 116.28           | 31.28     | 0.000021806                 |
| 175                | -113      | 700   | 890.01     | 116.28           | 3.28      | 0.000000035                 |
| 480                | -81       | 700   | 890.01     | 116.28           | 35.28     | 0.000054774                 |
| 146                | -77       | 705   | 890.01     | 116.40           | 39.40     | 0.000139359                 |
| 460                | -75       | 715   | 890.01     | 116.63           | 41.63     | 0.000226541                 |
| 464                | -67       | 740   | 890.01     | 117.19           | 50.19     | 0.001520591                 |
| 153                | -77       | 750   | 890.01     | 117.42           | 40.42     | 0.000155778                 |
| 458                | -77       | 750   | 890.01     | 117.42           | 40.42     | 0.000155778                 |
| 462                | -85       | 790   | 890.01     | 118.27           | 33.27     | 0.000027110                 |
| 470                | -87       | 800   | 890.01     | 118.48           | 31.48     | 0.000017497                 |
| 459                | -82       | 800   | 890.01     | 118.48           | 36.48     | 0.000055330                 |
| 158                | -85       | 820   | 890.01     | 118.89           | 33.89     | 0.000028991                 |
| 165                | -87       | 835   | 890.01     | 119.19           | 32.19     | 0.000018899                 |
| 161                | -79       | 850   | 890.01     | 119.48           | 40.48     | 0.000123126                 |
| 463                | -82       | 860   | 890.01     | 119.67           | 37.67     | 0.000063022                 |
| 475                | -89       | 875   | 890.01     | 119.96           | 30.96     | 0.000012972                 |
| 154                | -76       | 900   | 890.01     | 120.43           | 44.43     | 0.000272290                 |
| 157                | -85       | 920   | 890.01     | 120.79           | 35.79     | 0.000035663                 |
| 166                | -83       | 955   | 890.01     | 121.40           | 38.40     | 0.000060451                 |
| 151                | -87       | 1020  | 890.01     | 122.49           | 35.49     | 0.000027094                 |
| 152                | -86       | 1050  | 890.01     | 122.97           | 36.97     | 0.000035937                 |
| 150                | -89       | 1100  | 890.01     | 123.74           | 34.74     | 0.000019584                 |
| 174                | -103      | 1100  | 890.01     | 123.74           | 20.74     | 0.000000780                 |

## MEDICIONES TELEFONICA Soyapango Sur

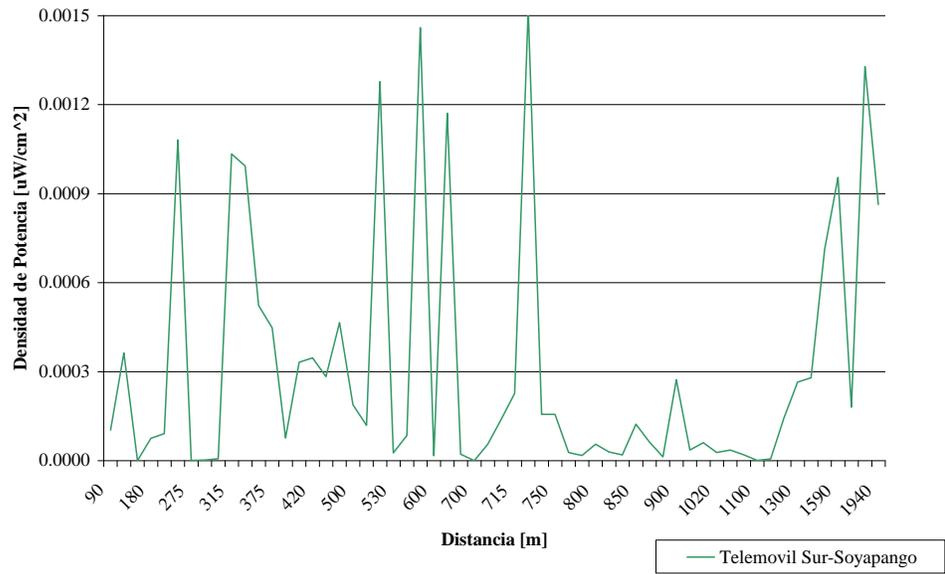
| Número de Medición | TELEFONICA |       | Frecuencia | Perdidas de      | PIRE [db] | Densidad de                 |
|--------------------|------------|-------|------------|------------------|-----------|-----------------------------|
|                    | int. de B  | Dist. | MHz.       | Propagación [db] |           | Potencia uW/cm <sup>2</sup> |
| 168                | -57        | 75    | 891.75     | 79.13            | 22.13     | 0.000231381                 |
| 167                | -75        | 200   | 891.75     | 95.32            | 20.32     | 0.000021432                 |
| 166                | -61        | 390   | 891.75     | 106.34           | 45.34     | 0.001791157                 |
| 169                | -73        | 400   | 891.75     | 106.76           | 33.76     | 0.000118284                 |
| 478                | -64        | 500   | 891.75     | 110.44           | 46.44     | 0.001403988                 |
| 471                | -61        | 525   | 891.75     | 111.25           | 50.25     | 0.003058470                 |
| 470                | -71        | 550   | 891.75     | 112.02           | 41.02     | 0.000332560                 |
| 165                | -56        | 580   | 891.75     | 112.89           | 56.89     | 0.011571451                 |
| 173                | -69        | 580   | 891.75     | 112.89           | 43.89     | 0.000579946                 |
| 162                | -77        | 600   | 891.75     | 113.45           | 36.45     | 0.000097699                 |
| 163                | -74        | 600   | 891.75     | 113.45           | 39.45     | 0.000194935                 |
| 171                | -80        | 640   | 891.75     | 114.52           | 34.52     | 0.000054997                 |
| 479                | -69        | 675   | 891.75     | 115.40           | 46.40     | 0.000762016                 |
| 472                | -63        | 680   | 891.75     | 115.52           | 52.52     | 0.003074210                 |
| 170                | -80        | 730   | 891.75     | 116.69           | 36.69     | 0.000069695                 |
| 157                | -81        | 750   | 891.75     | 117.13           | 36.13     | 0.000058120                 |
| 172                | -80        | 770   | 891.75     | 117.57           | 37.57     | 0.000076719                 |
| 158                | -60        | 800   | 891.75     | 118.20           | 58.20     | 0.008218251                 |
| 473                | -73        | 800   | 891.75     | 118.20           | 45.20     | 0.000411888                 |
| 469                | -67        | 800   | 891.75     | 118.20           | 51.20     | 0.001639757                 |
| 460                | -71        | 800   | 891.75     | 118.20           | 47.20     | 0.000652799                 |
| 459                | -60        | 850   | 891.75     | 119.20           | 59.20     | 0.009165823                 |
| 161                | -59        | 875   | 891.75     | 119.68           | 60.68     | 0.012157154                 |
| 148                | -66        | 915   | 891.75     | 120.42           | 54.42     | 0.002628908                 |
| 164                | -60        | 920   | 891.75     | 120.51           | 60.51     | 0.010569039                 |
| 147                | -78        | 940   | 891.75     | 120.86           | 42.86     | 0.000174120                 |
| 174                | -73        | 980   | 891.75     | 121.55           | 48.55     | 0.000593505                 |
| 461                | -59        | 1000  | 891.75     | 121.88           | 62.88     | 0.015460282                 |
| 458                | -63        | 1000  | 891.75     | 121.88           | 58.88     | 0.006154849                 |
| 474                | -65        | 1035  | 891.75     | 122.45           | 57.45     | 0.004131522                 |
| 149                | -85        | 1040  | 891.75     | 122.53           | 37.53     | 0.000041675                 |
| 159                | -75        | 1085  | 891.75     | 123.23           | 48.23     | 0.000449770                 |
| 454                | -71        | 1090  | 891.75     | 123.30           | 52.30     | 0.001139161                 |
| 156                | -77        | 1090  | 891.75     | 123.30           | 46.30     | 0.000286144                 |
| 453                | -75        | 1100  | 891.75     | 123.45           | 48.45     | 0.000461025                 |
| 160                | -64        | 1100  | 891.75     | 123.45           | 59.45     | 0.005803958                 |
| 457                | -68        | 1100  | 891.75     | 123.45           | 55.45     | 0.002310597                 |
| 154                | -83        | 1120  | 891.75     | 123.75           | 40.75     | 0.000075476                 |
| 480                | -79        | 1120  | 891.75     | 123.75           | 44.75     | 0.000189588                 |
| 155                | -69        | 1130  | 891.75     | 123.90           | 54.90     | 0.001926454                 |
| 175                | -76        | 1140  | 891.75     | 124.04           | 48.04     | 0.000390523                 |
| 146                | -68        | 1150  | 891.75     | 124.19           | 56.19     | 0.002503073                 |
| 151                | -70        | 1180  | 891.75     | 124.61           | 54.61     | 0.001654265                 |
| 153                | -77        | 1210  | 891.75     | 125.03           | 48.03     | 0.000345327                 |
| 462                | -61        | 1220  | 891.75     | 125.16           | 64.16     | 0.013952920                 |
| 468                | -67        | 1250  | 891.75     | 125.56           | 58.56     | 0.003661470                 |
| 477                | -65        | 1265  | 891.75     | 125.76           | 60.76     | 0.005928985                 |
| 476                | -76        | 1300  | 891.75     | 126.21           | 50.21     | 0.000494670                 |
| 475                | -68        | 1315  | 891.75     | 126.40           | 58.40     | 0.003186279                 |
| 467                | -75        | 1330  | 891.75     | 126.59           | 51.59     | 0.000648859                 |
| 466                | -76        | 1350  | 891.75     | 126.83           | 50.83     | 0.000529442                 |

### MEDICIONES DIGICEL Soyapango Sur

| Número de Medición | DIGICEL   |       | Frecuencia MHz. | Perdidas de Propagación [db] | PIRE [db] | Densidad de Potencia uW/cm <sup>2</sup> |
|--------------------|-----------|-------|-----------------|------------------------------|-----------|---|
|                    | int. de B | Dist. |                 |                              |           |   |
| 468                | -55       | 120   | 959.8           | 88.03                        | 33.03     | 0.001110015                             |
| 456                | -60       | 190   | 959.8           | 95.61                        | 35.61     | 0.000802710                             |
| 467                | -64       | 200   | 959.8           | 96.46                        | 32.46     | 0.000350475                             |
| 147                | -66       | 200   | 959.8           | 96.46                        | 30.46     | 0.000221134                             |
| 174                | -59       | 200   | 959.8           | 96.46                        | 37.46     | 0.001108298                             |
| 164                | -75       | 200   | 959.8           | 96.46                        | 21.46     | 0.000027839                             |
| 480                | -70       | 245   | 959.8           | 99.81                        | 29.81     | 0.000126853                             |
| 146                | -74       | 280   | 959.8           | 102.01                       | 28.01     | 0.000064222                             |
| 461                | -69       | 280   | 959.8           | 102.01                       | 33.01     | 0.000203089                             |
| 457                | -62       | 280   | 959.8           | 102.01                       | 40.01     | 0.001017857                             |
| 455                | -64       | 300   | 959.8           | 103.15                       | 39.15     | 0.000727144                             |
| 453                | -58       | 350   | 959.8           | 105.69                       | 47.69     | 0.003820542                             |
| 466                | -66       | 390   | 959.8           | 107.48                       | 41.48     | 0.000735730                             |
| 465                | -64       | 400   | 959.8           | 107.90                       | 43.90     | 0.001220423                             |
| 148                | -62       | 400   | 959.8           | 107.90                       | 45.90     | 0.001934240                             |
| 160                | -69       | 400   | 959.8           | 107.90                       | 38.90     | 0.000385932                             |
| 162                | -62       | 400   | 959.8           | 107.90                       | 45.90     | 0.001934240                             |
| 460                | -57       | 475   | 959.8           | 110.73                       | 53.73     | 0.008333951                             |
| 479                | -65       | 500   | 959.8           | 111.58                       | 46.58     | 0.001448600                             |
| 458                | -57       | 500   | 959.8           | 111.58                       | 54.58     | 0.009140047                             |
| 470                | -55       | 510   | 959.8           | 111.91                       | 56.91     | 0.015011661                             |
| 454                | -59       | 545   | 959.8           | 113.00                       | 54.00     | 0.006734667                             |
| 459                | -57       | 550   | 959.8           | 113.15                       | 56.15     | 0.010850638                             |
| 462                | -55       | 575   | 959.8           | 113.89                       | 58.89     | 0.018629644                             |
| 158                | -64       | 580   | 959.8           | 114.03                       | 50.03     | 0.002382170                             |
| 175                | -64       | 620   | 959.8           | 115.13                       | 51.13     | 0.002686009                             |
| 471                | -54       | 620   | 959.8           | 115.13                       | 61.13     | 0.026860091                             |
| 478                | -56       | 625   | 959.8           | 115.26                       | 59.26     | 0.017194378                             |
| 165                | -72       | 630   | 959.8           | 115.39                       | 43.39     | 0.000438143                             |
| 159                | -71       | 630   | 959.8           | 115.39                       | 44.39     | 0.000551589                             |
| 173                | -75       | 635   | 959.8           | 115.52                       | 40.52     | 0.000222738                             |
| 464                | -65       | 640   | 959.8           | 115.65                       | 50.65     | 0.002259053                             |
| 472                | -74       | 695   | 959.8           | 117.01                       | 43.01     | 0.000329895                             |
| 469                | -72       | 700   | 959.8           | 117.13                       | 45.13     | 0.000529638                             |
| 463                | -77       | 700   | 959.8           | 117.13                       | 40.13     | 0.000167486                             |
| 149                | -55       | 740   | 959.8           | 118.05                       | 63.05     | 0.029337259                             |
| 161                | -58       | 740   | 959.8           | 118.05                       | 60.05     | 0.014703460                             |
| 155                | -56       | 820   | 959.8           | 119.74                       | 63.74     | 0.028032858                             |
| 166                | -67       | 860   | 959.8           | 120.53                       | 53.53     | 0.002426049                             |
| 157                | -87       | 900   | 959.8           | 121.28                       | 34.28     | 0.000026329                             |
| 473                | -65       | 910   | 959.8           | 121.46                       | 56.46     | 0.004256738                             |
| 172                | -56       | 950   | 959.8           | 122.17                       | 66.17     | 0.036534649                             |
| 477                | -67       | 960   | 959.8           | 122.34                       | 55.34     | 0.002957268                             |
| 154                | -65       | 1000  | 959.8           | 123.02                       | 58.02     | 0.005044318                             |
| 474                | -68       | 1060  | 959.8           | 123.98                       | 55.98     | 0.002807715                             |
| 167                | -71       | 1070  | 959.8           | 124.13                       | 53.13     | 0.001431177                             |
| 150                | -58       | 1100  | 959.8           | 124.59                       | 66.59     | 0.030012991                             |

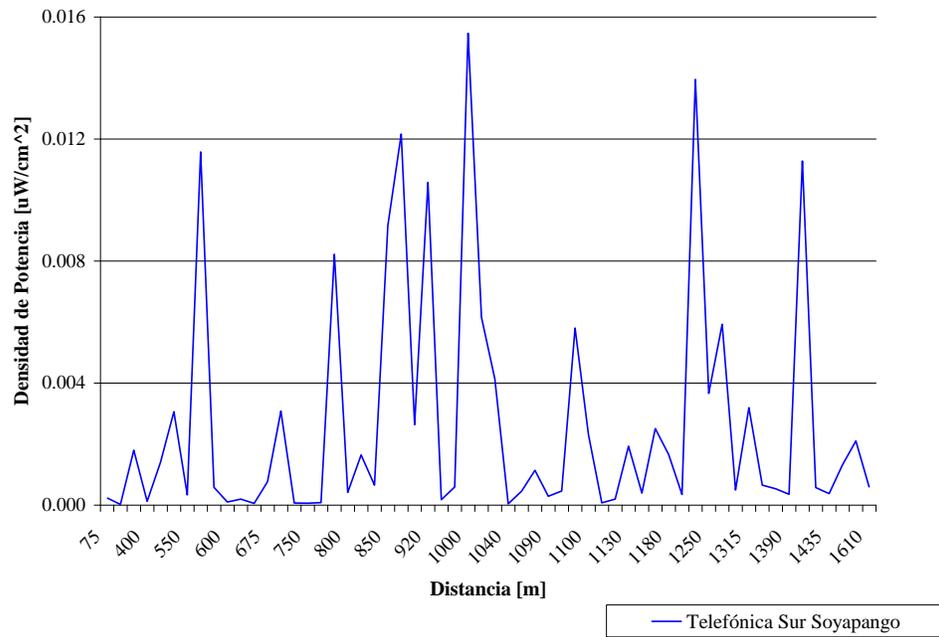
**Grafico 1**

**Densidad de Potencia vrs Distancia**



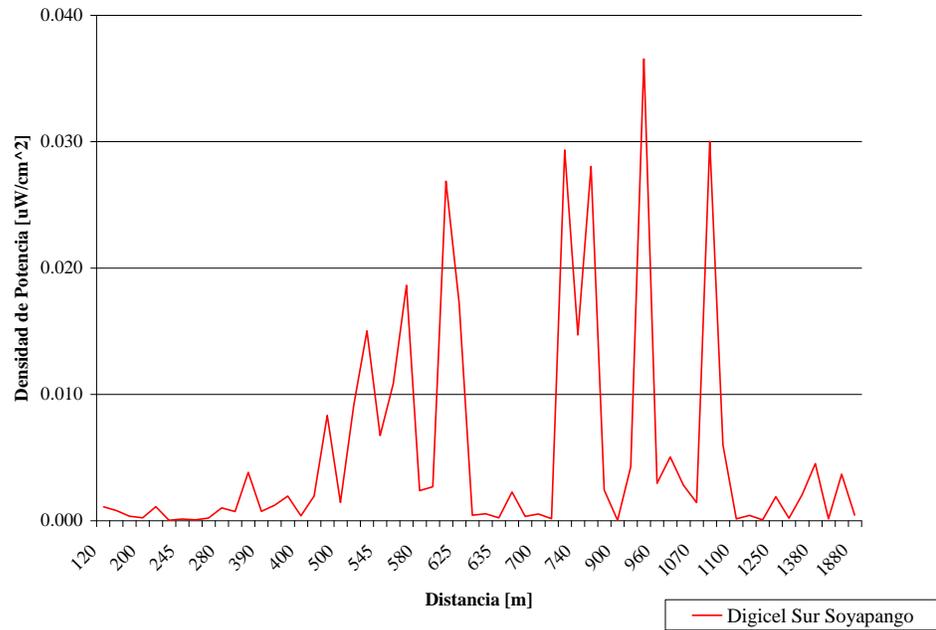
**Grafico 2**

**Densidad de Potencia vrs Distancia**



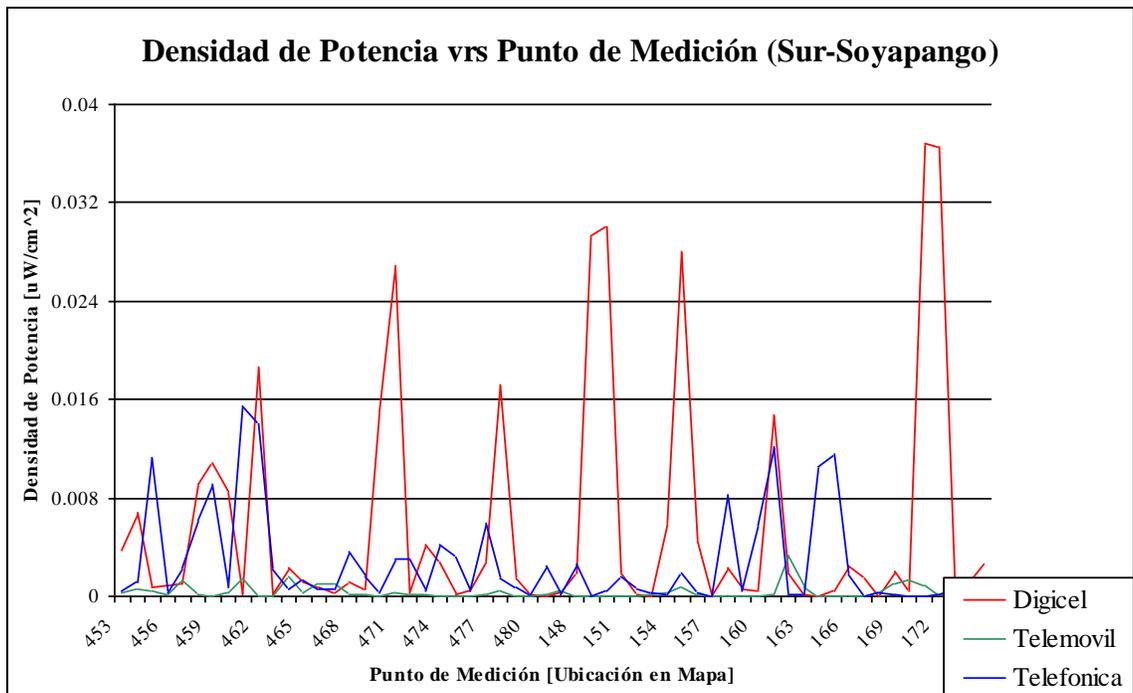
**Grafico 3**

**Densidad de Potencia vrs Distancia**



**Grafico 4**

**Densidad de Potencia vrs Punto de Medición (Sur-Soyapango)**



### MEDICIONES TELEMOVIL Centro Sur S.S.

| Número de Medición | TELEMOVIL |       | Frecuencia MHz. | Perdidas de Propagación [db] | PIRE [db] | Densidad de Potencia uW/cm <sup>2</sup> |
|--------------------|-----------|-------|-----------------|------------------------------|-----------|---|
|                    | int. de B | Dist. |                 |                              |           |   |
| 420                | -67       | 90    | 890.01          | 82.11                        | 15.11     | 0.000031898                             |
| 433                | -65       | 195   | 890.01          | 95.19                        | 30.19     | 0.000218503                             |
| 429                | -69       | 250   | 890.01          | 99.29                        | 30.29     | 0.000136046                             |
| 432                | -74       | 285   | 890.01          | 101.45                       | 27.45     | 0.000054465                             |
| 421                | -77       | 300   | 890.01          | 102.29                       | 25.29     | 0.000029937                             |
| 47                 | -93       | 350   | 890.01          | 104.84                       | 11.84     | 0.000000992                             |
| 426                | -71       | 390   | 890.01          | 106.62                       | 35.62     | 0.000191122                             |
| 297                | -81       | 400   | 890.01          | 107.04                       | 26.04     | 0.000020003                             |
| 419                | -72       | 405   | 890.01          | 107.25                       | 35.25     | 0.000162485                             |
| 434                | -69       | 450   | 890.01          | 108.99                       | 39.99     | 0.000391902                             |
| 276                | -62       | 480   | 890.01          | 110.05                       | 48.05     | 0.002206122                             |
| 431                | -82       | 500   | 890.01          | 110.72                       | 28.72     | 0.000023743                             |
| 298                | -97       | 500   | 890.01          | 110.72                       | 13.72     | 0.000000751                             |
| 43                 | -89       | 525   | 890.01          | 111.53                       | 22.53     | 0.000005172                             |
| 428                | -77       | 535   | 890.01          | 111.84                       | 34.84     | 0.000084807                             |
| 430                | -69       | 540   | 890.01          | 111.99                       | 42.99     | 0.000544132                             |
| 45                 | -63       | 540   | 890.01          | 111.99                       | 48.99     | 0.002166227                             |
| 44                 | -71       | 550   | 890.01          | 112.30                       | 41.30     | 0.000354853                             |
| 422                | -70       | 560   | 890.01          | 112.59                       | 42.59     | 0.000461460                             |
| 277                | -64       | 590   | 890.01          | 113.46                       | 49.46     | 0.002018036                             |
| 46                 | -67       | 600   | 890.01          | 113.73                       | 46.73     | 0.001042480                             |
| 299                | -89       | 660   | 890.01          | 115.31                       | 26.31     | 0.000007809                             |
| 418                | -71       | 670   | 890.01          | 115.55                       | 44.55     | 0.000506209                             |
| 278                | -80       | 695   | 890.01          | 116.16                       | 36.16     | 0.000068072                             |
| 425                | -75       | 700   | 890.01          | 116.28                       | 41.28     | 0.000218058                             |
| 417                | -77       | 750   | 890.01          | 117.42                       | 40.42     | 0.000155778                             |
| 279                | -89       | 775   | 890.01          | 117.96                       | 28.96     | 0.000010426                             |
| 424                | -69       | 800   | 890.01          | 118.48                       | 49.48     | 0.001103970                             |
| 280                | -81       | 805   | 890.01          | 118.58                       | 37.58     | 0.000070441                             |
| 281                | -83       | 810   | 890.01          | 118.69                       | 35.69     | 0.000044944                             |
| 282                | -85       | 835   | 890.01          | 119.19                       | 34.19     | 0.000029952                             |
| 293                | -93       | 860   | 890.01          | 119.67                       | 26.67     | 0.000005006                             |
| 427                | -81       | 885   | 890.01          | 120.15                       | 39.15     | 0.000083540                             |
| 435                | -83       | 900   | 890.01          | 120.43                       | 37.43     | 0.000054329                             |
| 423                | -79       | 975   | 890.01          | 121.75                       | 42.75     | 0.000157617                             |
| 283                | -95       | 990   | 890.01          | 122.00                       | 27.00     | 0.000004069                             |
| 286                | -83       | 1000  | 890.01          | 122.16                       | 39.16     | 0.000065674                             |
| 48                 | -93       | 1050  | 890.01          | 122.97                       | 29.97     | 0.000007170                             |
| 294                | -83       | 1050  | 890.01          | 122.97                       | 39.97     | 0.000071703                             |
| 436                | -77       | 1100  | 890.01          | 123.74                       | 46.74     | 0.000310386                             |
| 285                | -81       | 1150  | 890.01          | 124.47                       | 43.47     | 0.000133860                             |
| 292                | -75       | 1225  | 890.01          | 125.51                       | 50.51     | 0.000597091                             |
| 290                | -95       | 1300  | 890.01          | 126.49                       | 31.49     | 0.000006645                             |
| 284                | -81       | 1300  | 890.01          | 126.49                       | 45.49     | 0.000166914                             |
| 295                | -95       | 1335  | 890.01          | 126.93                       | 31.93     | 0.000006970                             |
| 287                | -97       | 1350  | 890.01          | 127.12                       | 30.12     | 0.000004487                             |
| 291                | -95       | 1360  | 890.01          | 127.24                       | 32.24     | 0.000007207                             |

### MEDICIONES TELEFONICA Centro Sur S.S.

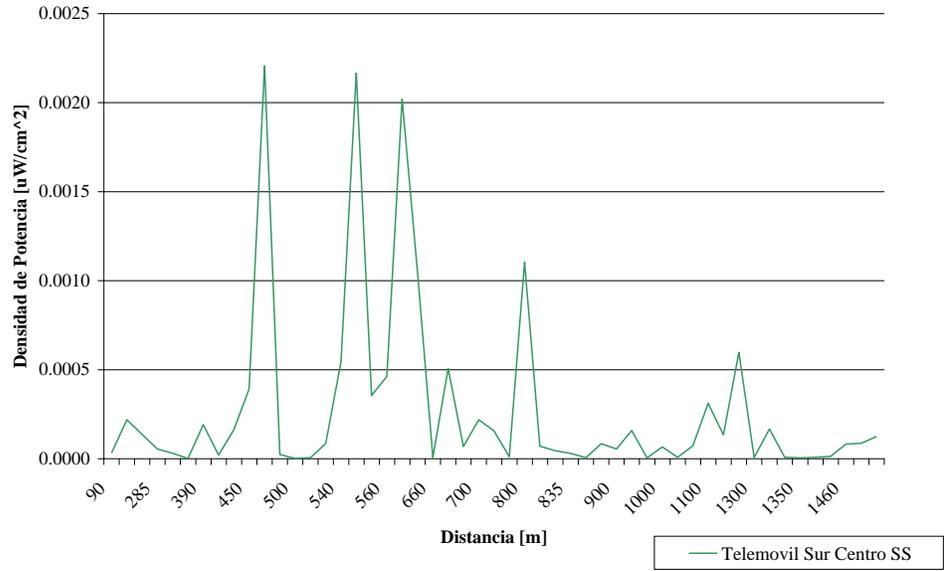
| Número de Medición | TELEFONICA |       | Frecuencia MHz. | Pérdidas de Propagación [db] | PIRE [db] | Densidad de Potencia uW/cm <sup>2</sup> |
|--------------------|------------|-------|-----------------|------------------------------|-----------|---|
|                    | int. de B  | Dist. |                 |                              |           |   |
| 427                | -56        | 205   | 891.75          | 95.73                        | 39.73     | 0.001779813                             |
| 48                 | -53        | 300   | 891.75          | 102.01                       | 49.01     | 0.007047510                             |
| 45                 | -81        | 450   | 891.75          | 108.70                       | 27.70     | 0.000023174                             |
| 299                | -66        | 520   | 891.75          | 111.09                       | 45.09     | 0.000950656                             |
| 276                | -71        | 530   | 891.75          | 111.40                       | 40.40     | 0.000311110                             |
| 426                | -72        | 545   | 891.75          | 111.87                       | 39.87     | 0.000259855                             |
| 428                | -74        | 590   | 891.75          | 113.17                       | 39.17     | 0.000189126                             |
| 277                | -77        | 595   | 891.75          | 113.31                       | 36.31     | 0.000096238                             |
| 430                | -73        | 600   | 891.75          | 113.45                       | 40.45     | 0.000245409                             |
| 46                 | -68        | 620   | 891.75          | 113.99                       | 45.99     | 0.000823232                             |
| 278                | -70        | 635   | 891.75          | 114.39                       | 44.39     | 0.000542263                             |
| 47                 | -75        | 645   | 891.75          | 114.65                       | 39.65     | 0.000176370                             |
| 298                | -58        | 730   | 891.75          | 116.69                       | 58.69     | 0.011045835                             |
| 431                | -61        | 780   | 891.75          | 117.78                       | 56.78     | 0.006237172                             |
| 418                | -57        | 795   | 891.75          | 118.10                       | 61.10     | 0.016213555                             |
| 291                | -79        | 800   | 891.75          | 118.20                       | 39.20     | 0.000103462                             |
| 44                 | -85        | 800   | 891.75          | 118.20                       | 33.20     | 0.000025988                             |
| 425                | -76        | 800   | 891.75          | 118.20                       | 42.20     | 0.000206433                             |
| 279                | -66        | 820   | 891.75          | 118.61                       | 52.61     | 0.002158154                             |
| 43                 | -89        | 830   | 891.75          | 118.81                       | 29.81     | 0.000011055                             |
| 297                | -59        | 865   | 891.75          | 119.49                       | 60.49     | 0.011908208                             |
| 421                | -68        | 875   | 891.75          | 119.68                       | 51.68     | 0.001530495                             |
| 286                | -72        | 885   | 891.75          | 119.87                       | 47.87     | 0.000621892                             |
| 432                | -63        | 900   | 891.75          | 120.14                       | 57.14     | 0.005091596                             |
| 280                | -73        | 925   | 891.75          | 120.60                       | 47.60     | 0.000534900                             |
| 282                | -63        | 940   | 891.75          | 120.86                       | 57.86     | 0.005506144                             |
| 422                | -61        | 960   | 891.75          | 121.21                       | 60.21     | 0.009063702                             |
| 281                | -86        | 960   | 891.75          | 121.21                       | 35.21     | 0.000028662                             |
| 420                | -74        | 980   | 891.75          | 121.55                       | 47.55     | 0.000471438                             |
| 433                | -67        | 980   | 891.75          | 121.55                       | 54.55     | 0.002362786                             |
| 290                | -71        | 1000  | 891.75          | 121.88                       | 50.88     | 0.000975478                             |
| 417                | -69        | 1000  | 891.75          | 121.88                       | 52.88     | 0.001546028                             |
| 419                | -71        | 1060  | 891.75          | 122.84                       | 51.84     | 0.001083348                             |
| 429                | -70        | 1060  | 891.75          | 122.84                       | 52.84     | 0.001363854                             |
| 288                | -71        | 1080  | 891.75          | 123.15                       | 52.15     | 0.001120418                             |
| 287                | -83        | 1100  | 891.75          | 123.45                       | 40.45     | 0.000073068                             |
| 424                | -79        | 1100  | 891.75          | 123.45                       | 44.45     | 0.000183537                             |
| 283                | -65        | 1160  | 891.75          | 124.33                       | 59.33     | 0.005072731                             |
| 285                | -75        | 1200  | 891.75          | 124.89                       | 49.89     | 0.000539192                             |
| 434                | -75        | 1200  | 891.75          | 124.89                       | 49.89     | 0.000539192                             |
| 423                | -69        | 1300  | 891.75          | 126.21                       | 57.21     | 0.002479222                             |
| 289                | -66        | 1365  | 891.75          | 127.02                       | 61.02     | 0.005400776                             |
| 293                | -76        | 1410  | 891.75          | 127.55                       | 51.55     | 0.000572548                             |
| 284                | -71        | 1475  | 891.75          | 128.30                       | 57.30     | 0.001963555                             |
| 292                | -63        | 1530  | 891.75          | 128.90                       | 65.90     | 0.013233112                             |
| 437                | -65        | 1550  | 891.75          | 129.11                       | 64.11     | 0.008547015                             |
| 294                | -67        | 1600  | 891.75          | 129.64                       | 62.64     | 0.005709964                             |
| 435                | -69        | 1675  | 891.75          | 130.39                       | 61.39     | 0.003912407                             |
| 436                | -70        | 1710  | 891.75          | 130.74                       | 60.74     | 0.003225599                             |

### MEDICIONES DIGICEL Centro Sur

| Número de Medición | DIGICEL   |       | Frecuencia MHz. | Perdidas de Propagación [db] | PIRE [db] | Densidad de Potencia uW/cm <sup>2</sup> |
|--------------------|-----------|-------|-----------------|------------------------------|-----------|---|
|                    | int. de B | Dist. |                 |                              |           |   |
| 437                | -79       | 195   | 959.8           | 96.04                        | 17.04     | 0.000010589                             |
| 292                | -95       | 220   | 959.8           | 98.03                        | 3.03      | 0.000000330                             |
| 293                | -87       | 230   | 959.8           | 98.76                        | 11.76     | 0.000002259                             |
| 294                | -91       | 315   | 959.8           | 103.95                       | 12.95     | 0.000001584                             |
| 426                | -76       | 350   | 959.8           | 105.69                       | 29.69     | 0.000060552                             |
| 420                | -75       | 400   | 959.8           | 107.90                       | 32.90     | 0.000096942                             |
| 280                | -53       | 425   | 959.8           | 108.90                       | 55.90     | 0.017135726                             |
| 296                | -87       | 450   | 959.8           | 109.84                       | 22.84     | 0.000007561                             |
| 282                | -78       | 460   | 959.8           | 110.20                       | 32.20     | 0.000062484                             |
| 418                | -82       | 475   | 959.8           | 110.73                       | 28.73     | 0.000026354                             |
| 48                 | -70       | 475   | 959.8           | 110.73                       | 40.73     | 0.000417687                             |
| 295                | -87       | 500   | 959.8           | 111.58                       | 24.58     | 0.000009140                             |
| 436                | -77       | 500   | 959.8           | 111.58                       | 34.58     | 0.000091400                             |
| 290                | -93       | 505   | 959.8           | 111.74                       | 18.74     | 0.000002337                             |
| 279                | -62       | 520   | 959.8           | 112.23                       | 50.23     | 0.003101762                             |
| 419                | -71       | 550   | 959.8           | 113.15                       | 42.15     | 0.000431972                             |
| 434                | -57       | 560   | 959.8           | 113.45                       | 56.45     | 0.011208330                             |
| 281                | -60       | 580   | 959.8           | 114.03                       | 54.03     | 0.005983742                             |
| 46                 | -81       | 595   | 959.8           | 114.45                       | 33.45     | 0.000049766                             |
| 283                | -71       | 600   | 959.8           | 114.59                       | 43.59     | 0.000505213                             |
| 284                | -91       | 610   | 959.8           | 114.86                       | 23.86     | 0.000005205                             |
| 421                | -71       | 620   | 959.8           | 115.13                       | 44.13     | 0.000535929                             |
| 427                | -68       | 650   | 959.8           | 115.91                       | 47.91     | 0.001164251                             |
| 42                 | -73       | 735   | 959.8           | 117.94                       | 44.94     | 0.000459325                             |
| 277                | -67       | 740   | 959.8           | 118.05                       | 51.05     | 0.001851056                             |
| 422                | -58       | 740   | 959.8           | 118.05                       | 60.05     | 0.014703460                             |
| 278                | -65       | 750   | 959.8           | 118.27                       | 53.27     | 0.003005472                             |
| 425                | -66       | 765   | 959.8           | 118.60                       | 52.60     | 0.002473962                             |
| 285                | -99       | 770   | 959.8           | 118.70                       | 19.70     | 0.000001255                             |
| 435                | -77       | 775   | 959.8           | 118.81                       | 41.81     | 0.000201162                             |
| 297                | -86       | 775   | 959.8           | 118.81                       | 32.81     | 0.000025325                             |
| 47                 | -83       | 790   | 959.8           | 119.13                       | 36.13     | 0.000052304                             |
| 417                | -73       | 795   | 959.8           | 119.23                       | 46.23     | 0.000529009                             |
| 298                | -79       | 850   | 959.8           | 120.34                       | 41.34     | 0.000149884                             |
| 431                | -79       | 935   | 959.8           | 121.91                       | 42.91     | 0.000177936                             |
| 286                | -97       | 940   | 959.8           | 122.00                       | 25.00     | 0.000002847                             |
| 428                | -77       | 945   | 959.8           | 122.08                       | 45.08     | 0.000287462                             |
| 291                | -73       | 950   | 959.8           | 122.17                       | 49.17     | 0.000728962                             |
| 433                | -60       | 955   | 959.8           | 122.26                       | 62.26     | 0.014682788                             |
| 276                | -76       | 965   | 959.8           | 122.43                       | 46.43     | 0.000375796                             |
| 299                | -85       | 980   | 959.8           | 122.68                       | 37.68     | 0.000048642                             |
| 432                | -59       | 1000  | 959.8           | 123.02                       | 64.02     | 0.020081791                             |
| 424                | -63       | 1000  | 959.8           | 123.02                       | 60.02     | 0.007994705                             |
| 44                 | -89       | 1020  | 959.8           | 123.34                       | 34.34     | 0.000020811                             |
| 429                | -59       | 1040  | 959.8           | 123.67                       | 64.67     | 0.021550753                             |
| 287                | -93       | 1050  | 959.8           | 123.82                       | 30.82     | 0.000008729                             |
| 430                | -78       | 1065  | 959.8           | 124.06                       | 46.06     | 0.000283160                             |

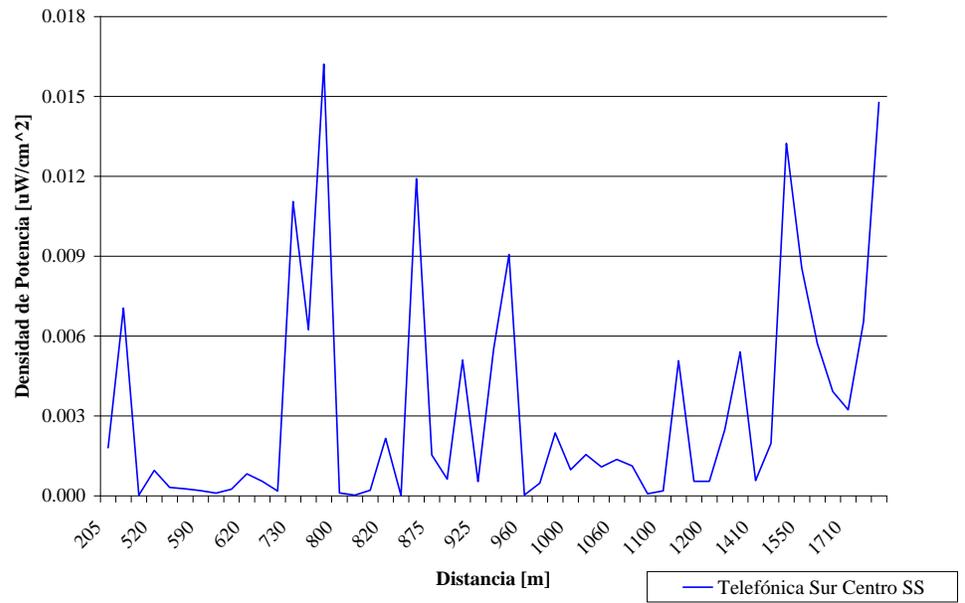
### Grafico 5

#### Densidad de Potencia vrs Distancia

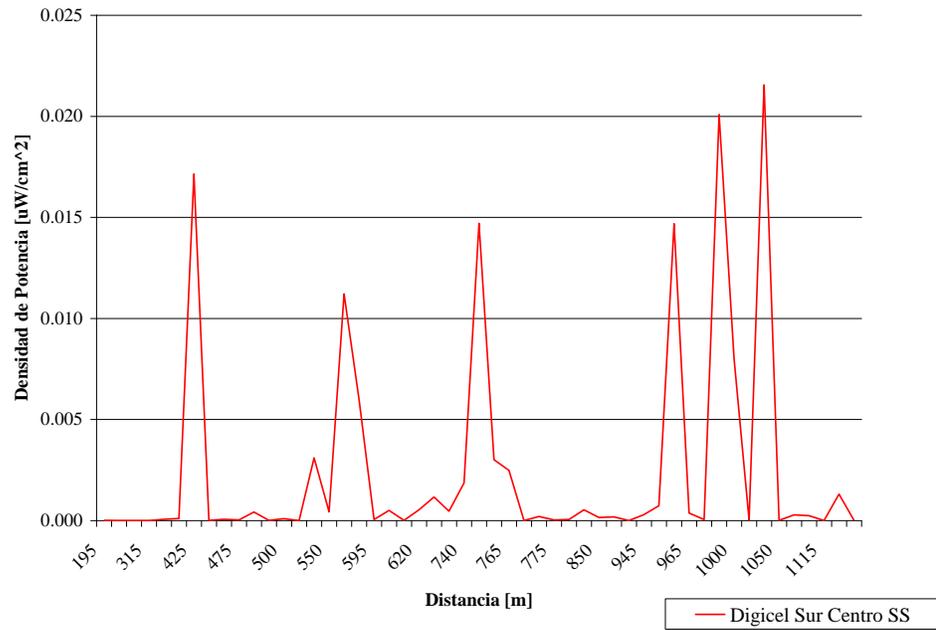


### Grafico 6

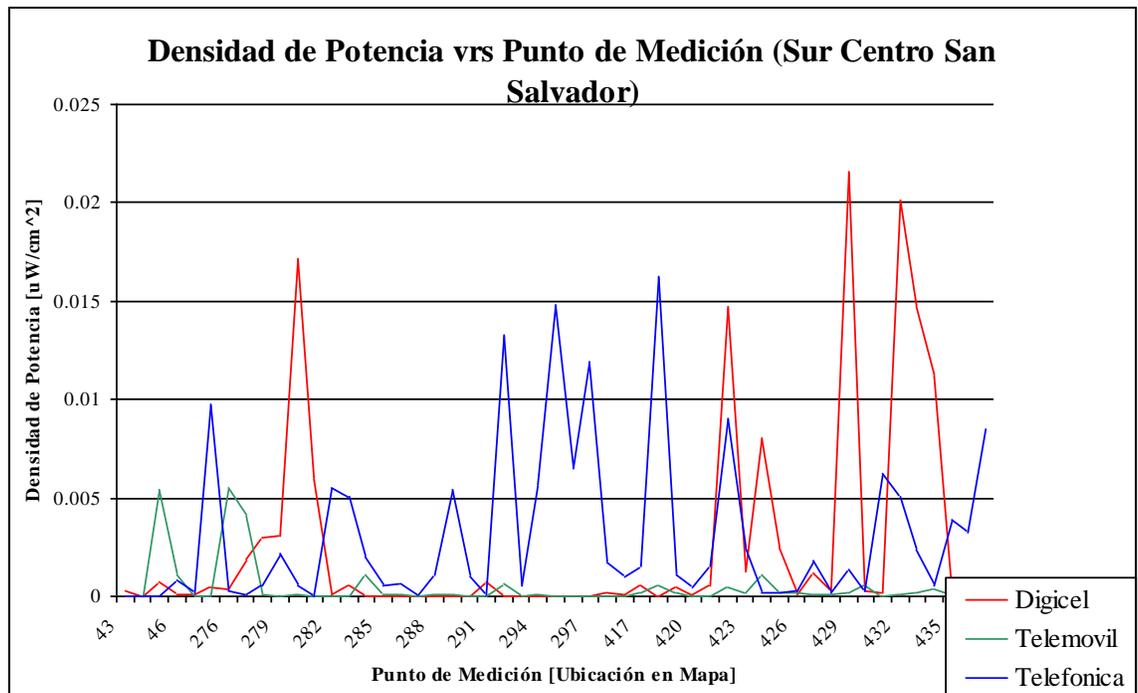
#### Densidad de Potencia vrs Distancia



**Grafico 7**  
**Densidad de Potencia vrs Distancia**



**Grafico 8**



### MEDICIONES TELEMOVIL Soyapango Centro

| Número de Medición | TELEMOVIL |       | Frecuencia MHz. | Perdidas de Propagación [db] | PIRE [db] | Densidad de Potencia uW/cm <sup>2</sup> |
|--------------------|-----------|-------|-----------------|------------------------------|-----------|---|
|                    | int. de B | Dist. |                 |                              |           |   |
| 1                  | -75       | 130   | 890.01          | 88.18                        | 13.18     | 0.000009800                             |
| 2                  | -84       | 275   | 890.01          | 100.86                       | 16.86     | 0.000005107                             |
| 3                  | -83       | 275   | 890.01          | 100.86                       | 17.86     | 0.000006430                             |
| 4                  | -83       | 280   | 890.01          | 101.16                       | 18.16     | 0.000006642                             |
| 5                  | -59       | 315   | 890.01          | 103.10                       | 44.10     | 0.002062312                             |
| 6                  | -67       | 375   | 890.01          | 105.98                       | 38.98     | 0.000447354                             |
| 7                  | -83       | 400   | 890.01          | 107.04                       | 24.04     | 0.000012621                             |
| 8                  | -81       | 400   | 890.01          | 107.04                       | 26.04     | 0.000020003                             |
| 9                  | -79       | 400   | 890.01          | 107.04                       | 28.04     | 0.000031703                             |
| 10                 | -69       | 450   | 890.01          | 108.99                       | 39.99     | 0.000391902                             |
| 11                 | -64       | 540   | 890.01          | 111.99                       | 47.99     | 0.001720696                             |
| 12                 | -61       | 540   | 890.01          | 111.99                       | 50.99     | 0.003433239                             |
| 13                 | -71       | 550   | 890.01          | 112.30                       | 41.30     | 0.000354853                             |
| 14                 | -85       | 600   | 890.01          | 113.73                       | 28.73     | 0.000016522                             |
| 15                 | -67       | 600   | 890.01          | 113.73                       | 46.73     | 0.001042480                             |
| 16                 | -69       | 640   | 890.01          | 114.80                       | 45.80     | 0.000738787                             |
| 17                 | -81       | 650   | 890.01          | 115.05                       | 34.05     | 0.000047934                             |
| 18                 | -79       | 695   | 890.01          | 116.16                       | 37.16     | 0.000085697                             |
| 19                 | -93       | 700   | 890.01          | 116.28                       | 23.28     | 0.000003456                             |
| 20                 | -63       | 720   | 890.01          | 116.74                       | 53.74     | 0.003635748                             |
| 21                 | -77       | 750   | 890.01          | 117.42                       | 40.42     | 0.000155778                             |
| 22                 | -95       | 760   | 890.01          | 117.63                       | 22.63     | 0.000002528                             |
| 23                 | -77       | 785   | 890.01          | 118.17                       | 41.17     | 0.000169107                             |
| 24                 | -79       | 800   | 890.01          | 118.48                       | 39.48     | 0.000110397                             |
| 25                 | -85       | 820   | 890.01          | 118.89                       | 33.89     | 0.000028991                             |
| 26                 | -87       | 835   | 890.01          | 119.19                       | 32.19     | 0.000018899                             |
| 27                 | -95       | 850   | 890.01          | 119.48                       | 24.48     | 0.000003093                             |
| 28                 | -79       | 850   | 890.01          | 119.48                       | 40.48     | 0.000123126                             |
| 29                 | -91       | 900   | 890.01          | 120.43                       | 29.43     | 0.000008611                             |
| 30                 | -76       | 900   | 890.01          | 120.43                       | 44.43     | 0.000272290                             |
| 31                 | -85       | 920   | 890.01          | 120.79                       | 35.79     | 0.000035663                             |
| 32                 | -83       | 930   | 890.01          | 120.97                       | 37.97     | 0.000057632                             |
| 33                 | -81       | 940   | 890.01          | 121.14                       | 40.14     | 0.000093116                             |
| 34                 | -83       | 955   | 890.01          | 121.40                       | 38.40     | 0.000060451                             |
| 35                 | -95       | 1000  | 890.01          | 122.16                       | 27.16     | 0.000004144                             |
| 36                 | -93       | 1000  | 890.01          | 122.16                       | 29.16     | 0.000006567                             |
| 37                 | -87       | 1020  | 890.01          | 122.49                       | 35.49     | 0.000027094                             |
| 38                 | -73       | 1030  | 890.01          | 122.65                       | 49.65     | 0.000692632                             |
| 39                 | -86       | 1050  | 890.01          | 122.97                       | 36.97     | 0.000035937                             |
| 40                 | -87       | 1050  | 890.01          | 122.97                       | 35.97     | 0.000028545                             |
| 41                 | -87       | 1100  | 890.01          | 123.74                       | 36.74     | 0.000031039                             |
| 42                 | -89       | 1100  | 890.01          | 123.74                       | 34.74     | 0.000019584                             |
| 43                 | -93       | 1100  | 890.01          | 123.74                       | 30.74     | 0.000007797                             |
| 189                | -85       | 1160  | 890.01          | 124.61                       | 39.61     | 0.000054128                             |
| 190                | -81       | 1200  | 890.01          | 125.17                       | 44.17     | 0.000144518                             |
| 191                | -71       | 1230  | 890.01          | 125.58                       | 54.58     | 0.001510861                             |
| 192                | -85       | 1250  | 890.01          | 125.85                       | 40.85     | 0.000061920                             |

### MEDICIONES TELEFONICA Soyapango Centro

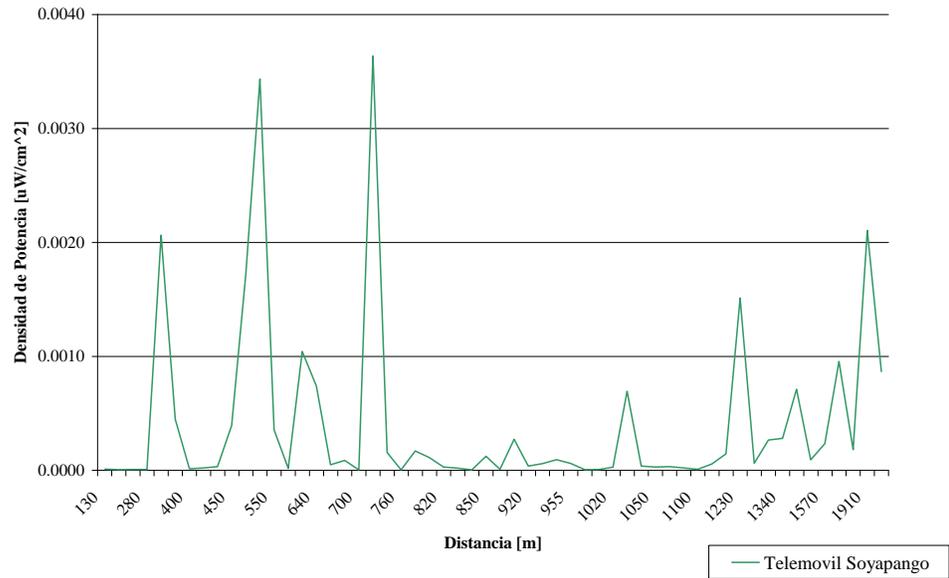
| Número de Medición | TELEFONICA |       | Frecuencia MHz. | Perdidas de Propagación [db] | PIRE [db] | Densidad de Potencia uW/cm <sup>2</sup> |
|--------------------|------------|-------|-----------------|------------------------------|-----------|---|
|                    | int. de B  | Dist. |                 |                              |           |   |
| 1                  | -61        | 75    | 891.75          | 79.13                        | 18.13     | 0.000092114                             |
| 2                  | -75        | 200   | 891.75          | 95.32                        | 20.32     | 0.000021432                             |
| 3                  | -61        | 390   | 891.75          | 106.34                       | 45.34     | 0.001791157                             |
| 4                  | -73        | 400   | 891.75          | 106.76                       | 33.76     | 0.000118284                             |
| 5                  | -76        | 410   | 891.75          | 107.17                       | 31.17     | 0.000061977                             |
| 6                  | -72        | 550   | 891.75          | 112.02                       | 40.02     | 0.000264162                             |
| 7                  | -79        | 550   | 891.75          | 112.02                       | 33.02     | 0.000052707                             |
| 8                  | -69        | 580   | 891.75          | 112.89                       | 43.89     | 0.000579946                             |
| 9                  | -66        | 580   | 891.75          | 112.89                       | 46.89     | 0.001157145                             |
| 10                 | -73        | 600   | 891.75          | 113.45                       | 40.45     | 0.000245409                             |
| 11                 | -74        | 600   | 891.75          | 113.45                       | 39.45     | 0.000194935                             |
| 12                 | -67        | 620   | 891.75          | 113.99                       | 46.99     | 0.001036388                             |
| 13                 | -69        | 620   | 891.75          | 113.99                       | 44.99     | 0.000653917                             |
| 14                 | -74        | 640   | 891.75          | 114.52                       | 40.52     | 0.000218948                             |
| 15                 | -71        | 640   | 891.75          | 114.52                       | 43.52     | 0.000436859                             |
| 16                 | -75        | 730   | 891.75          | 116.69                       | 41.69     | 0.000220393                             |
| 17                 | -75        | 750   | 891.75          | 117.13                       | 42.13     | 0.000231381                             |
| 18                 | -71        | 750   | 891.75          | 117.13                       | 46.13     | 0.000581203                             |
| 19                 | -73        | 770   | 891.75          | 117.57                       | 44.57     | 0.000384504                             |
| 20                 | -77        | 790   | 891.75          | 117.99                       | 40.99     | 0.000160305                             |
| 21                 | -78        | 800   | 891.75          | 118.20                       | 40.20     | 0.000130250                             |
| 22                 | -60        | 800   | 891.75          | 118.20                       | 58.20     | 0.008218251                             |
| 23                 | -57        | 820   | 891.75          | 118.61                       | 61.61     | 0.017142824                             |
| 24                 | -65        | 850   | 891.75          | 119.20                       | 54.20     | 0.002898488                             |
| 25                 | -59        | 860   | 891.75          | 119.39                       | 60.39     | 0.011784594                             |
| 26                 | -66        | 915   | 891.75          | 120.42                       | 54.42     | 0.002628908                             |
| 27                 | -60        | 920   | 891.75          | 120.51                       | 60.51     | 0.010569039                             |
| 28                 | -78        | 940   | 891.75          | 120.86                       | 42.86     | 0.000174120                             |
| 29                 | -73        | 980   | 891.75          | 121.55                       | 48.55     | 0.000593505                             |
| 29                 | -65        | 1000  | 891.75          | 121.88                       | 56.88     | 0.003883447                             |
| 30                 | -76        | 1030  | 891.75          | 122.37                       | 46.37     | 0.000325330                             |
| 31                 | -85        | 1040  | 891.75          | 122.53                       | 37.53     | 0.000041675                             |
| 32                 | -61        | 1055  | 891.75          | 122.77                       | 61.77     | 0.010741671                             |
| 33                 | -75        | 1085  | 891.75          | 123.23                       | 48.23     | 0.000449770                             |
| 34                 | -77        | 1090  | 891.75          | 123.30                       | 46.30     | 0.000286144                             |
| 35                 | -71        | 1100  | 891.75          | 123.45                       | 52.45     | 0.001158042                             |
| 36                 | -64        | 1100  | 891.75          | 123.45                       | 59.45     | 0.005803958                             |
| 37                 | -69        | 1120  | 891.75          | 123.75                       | 54.75     | 0.001895876                             |
| 38                 | -86        | 1130  | 891.75          | 123.90                       | 37.90     | 0.000038438                             |
| 39                 | -76        | 1140  | 891.75          | 124.04                       | 48.04     | 0.000390523                             |
| 40                 | -68        | 1150  | 891.75          | 124.19                       | 56.19     | 0.002503073                             |
| 41                 | -70        | 1180  | 891.75          | 124.61                       | 54.61     | 0.001654265                             |
| 42                 | -73        | 1195  | 891.75          | 124.82                       | 51.82     | 0.000848164                             |
| 189                | -77        | 1210  | 891.75          | 125.03                       | 48.03     | 0.000345327                             |
| 190                | -63        | 1235  | 891.75          | 125.37                       | 62.37     | 0.008999491                             |
| 191                | -68        | 1320  | 891.75          | 126.46                       | 58.46     | 0.003208119                             |
| 192                | -75        | 1350  | 891.75          | 126.83                       | 51.83     | 0.000666528                             |
| 193                | -86        | 1360  | 891.75          | 126.96                       | 40.96     | 0.000053652                             |
| 194                | -78        | 1400  | 891.75          | 127.43                       | 49.43     | 0.000356655                             |

### MEDICIONES DIGICEL Soyapango Centro

| Número de Medición | DIGICEL   |       | Frecuencia MHz. | Perdidas de Propagación [db] | PIRE [db] | Densidad de Potencia uW/cm <sup>2</sup> |
|--------------------|-----------|-------|-----------------|------------------------------|-----------|---|
|                    | int. de B | Dist. |                 |                              |           |   |
| 1                  | -85       | 150   | 959.8           | 91.71                        | 6.71      | 0.000001659                             |
| 2                  | -90       | 160   | 959.8           | 92.77                        | 2.77      | 0.000000589                             |
| 3                  | -64       | 200   | 959.8           | 96.46                        | 32.46     | 0.000350475                             |
| 4                  | -75       | 200   | 959.8           | 96.46                        | 21.46     | 0.000027839                             |
| 5                  | -66       | 200   | 959.8           | 96.46                        | 30.46     | 0.000221134                             |
| 6                  | -65       | 285   | 959.8           | 102.30                       | 37.30     | 0.000526651                             |
| 7                  | -74       | 290   | 959.8           | 102.59                       | 28.59     | 0.000068410                             |
| 8                  | -62       | 400   | 959.8           | 107.90                       | 45.90     | 0.001934240                             |
| 9                  | -69       | 400   | 959.8           | 107.90                       | 38.90     | 0.000385932                             |
| 10                 | -62       | 400   | 959.8           | 107.90                       | 45.90     | 0.001934240                             |
| 11                 | -84       | 430   | 959.8           | 109.09                       | 25.09     | 0.000013901                             |
| 12                 | -58       | 460   | 959.8           | 110.20                       | 52.20     | 0.006248367                             |
| 13                 | -77       | 480   | 959.8           | 110.91                       | 33.91     | 0.000084925                             |
| 14                 | -64       | 520   | 959.8           | 112.23                       | 48.23     | 0.001957079                             |
| 15                 | -64       | 575   | 959.8           | 113.89                       | 49.89     | 0.002345333                             |
| 16                 | -71       | 620   | 959.8           | 115.13                       | 44.13     | 0.000535929                             |
| 17                 | -72       | 630   | 959.8           | 115.39                       | 43.39     | 0.000438143                             |
| 18                 | -59       | 635   | 959.8           | 115.52                       | 56.52     | 0.008867377                             |
| 19                 | -75       | 690   | 959.8           | 116.89                       | 41.89     | 0.000258661                             |
| 20                 | -87       | 690   | 959.8           | 116.89                       | 29.89     | 0.000016320                             |
| 21                 | -53       | 700   | 959.8           | 117.13                       | 64.13     | 0.042070620                             |
| 22                 | -71       | 700   | 959.8           | 117.13                       | 46.13     | 0.000666774                             |
| 23                 | -58       | 740   | 959.8           | 118.05                       | 60.05     | 0.014703460                             |
| 24                 | -55       | 750   | 959.8           | 118.27                       | 63.27     | 0.030054722                             |
| 25                 | -85       | 790   | 959.8           | 119.13                       | 34.13     | 0.000033001                             |
| 26                 | -62       | 810   | 959.8           | 119.54                       | 57.54     | 0.006887720                             |
| 27                 | -79       | 820   | 959.8           | 119.74                       | 40.74     | 0.000140497                             |
| 28                 | -56       | 820   | 959.8           | 119.74                       | 63.74     | 0.028032858                             |
| 29                 | -67       | 860   | 959.8           | 120.53                       | 53.53     | 0.002426049                             |
| 30                 | -87       | 900   | 959.8           | 121.28                       | 34.28     | 0.000026329                             |
| 31                 | -75       | 950   | 959.8           | 122.17                       | 47.17     | 0.000459944                             |
| 32                 | -65       | 950   | 959.8           | 122.17                       | 57.17     | 0.004599440                             |
| 33                 | -74       | 950   | 959.8           | 122.17                       | 48.17     | 0.000579035                             |
| 34                 | -82       | 1000  | 959.8           | 123.02                       | 41.02     | 0.000100647                             |
| 35                 | -87       | 1040  | 959.8           | 123.67                       | 36.67     | 0.000034156                             |
| 36                 | -71       | 1070  | 959.8           | 124.13                       | 53.13     | 0.001431177                             |
| 37                 | -77       | 1080  | 959.8           | 124.29                       | 47.29     | 0.000365566                             |
| 38                 | -61       | 1090  | 959.8           | 124.44                       | 63.44     | 0.014796880                             |
| 39                 | -61       | 1095  | 959.8           | 124.52                       | 63.52     | 0.014919280                             |
| 40                 | -81       | 1100  | 959.8           | 124.59                       | 43.59     | 0.000150421                             |
| 41                 | -65       | 1110  | 959.8           | 124.74                       | 59.74     | 0.006086727                             |
| 42                 | -86       | 1220  | 959.8           | 126.30                       | 40.30     | 0.000057313                             |
| 43                 | -67       | 1230  | 959.8           | 126.43                       | 59.43     | 0.004619890                             |
| 44                 | -71       | 1250  | 959.8           | 126.70                       | 55.70     | 0.001893392                             |
| 45                 | -68       | 1350  | 959.8           | 127.97                       | 59.97     | 0.004339136                             |
| 46                 | -71       | 1360  | 959.8           | 128.09                       | 57.09     | 0.002203802                             |
| 47                 | -83       | 1375  | 959.8           | 128.27                       | 45.27     | 0.000141823                             |
| 48                 | -74       | 1375  | 959.8           | 128.27                       | 54.27     | 0.001126542                             |

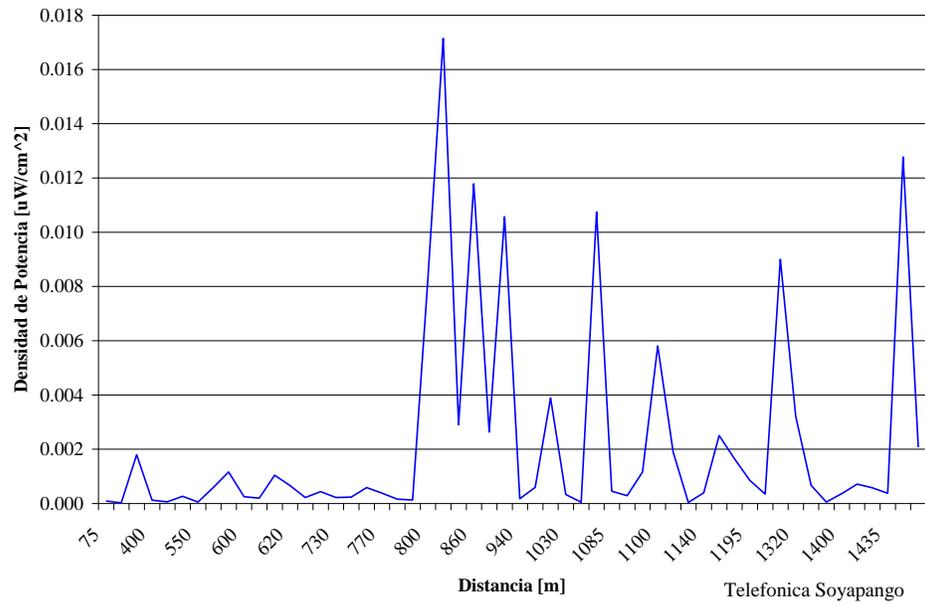
**Grafico 9**

**Densidad de Potencia vrs Distancia**

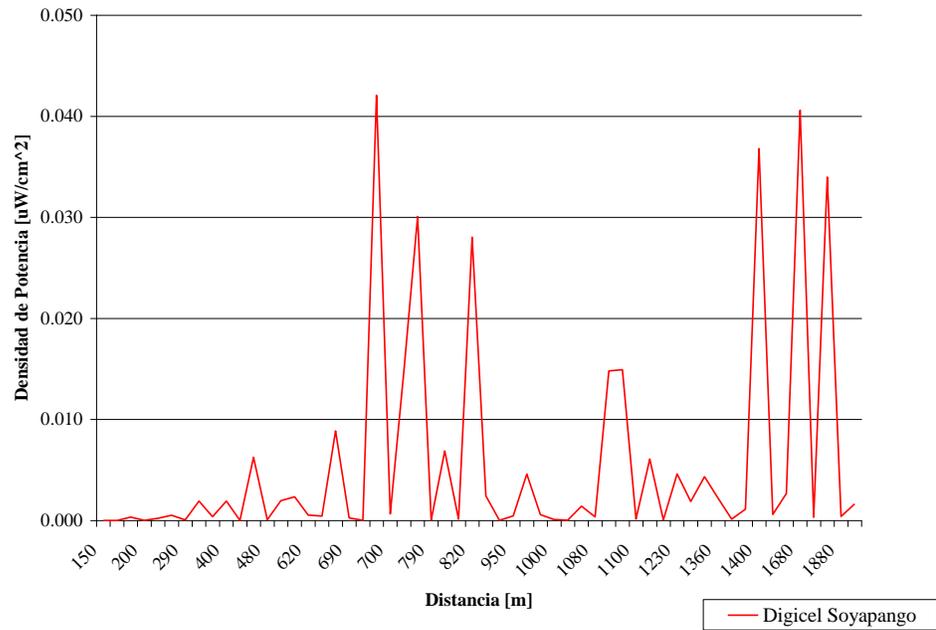


**Grafico 10**

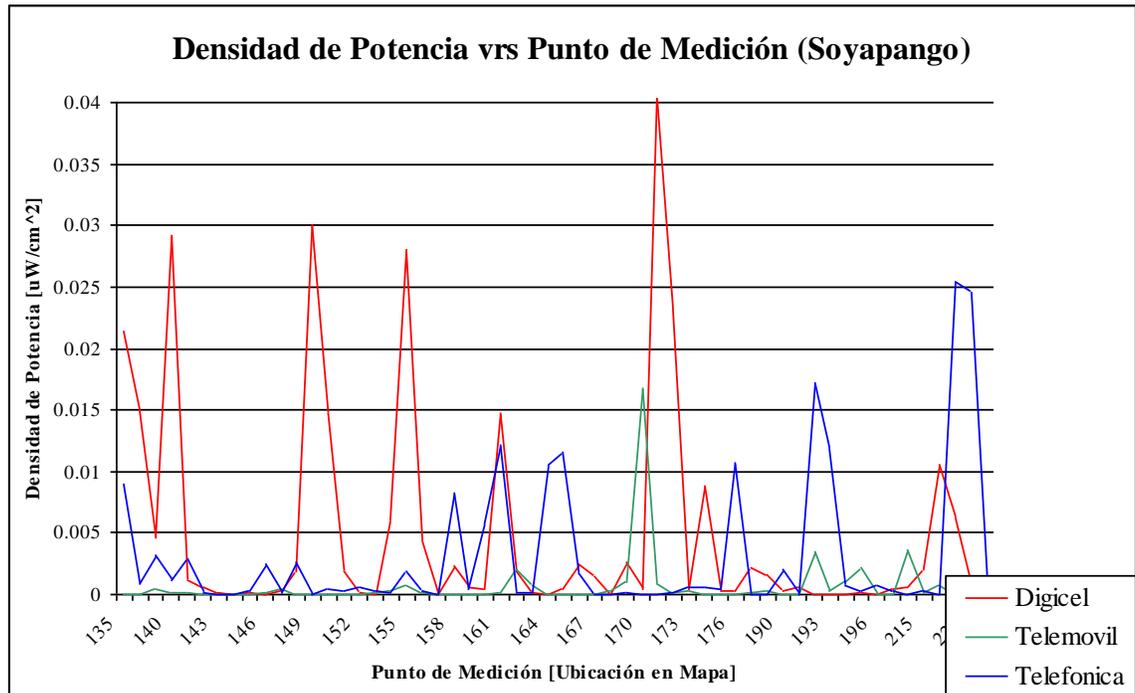
**Densidad de Potencia vrs Distancia**



**Grafico 11**  
**Densidad de Potencia vrs Distancia**



**Grafico 12**



### MEDICIONES TELEMOVIL Metro Centro - UES

| Número de Medición | TELEMOVIL |       | Frecuencia MHz. | Perdidas de Propagación [db] |       | PIRE [db]   | Densidad de Potencia uW/cm <sup>2</sup> |
|--------------------|-----------|-------|-----------------|------------------------------|-------|-------------|---|
|                    | int. de B | Dist. |                 |                              |       |             |   |
| 376                | -71       | 140   | 890.01          | 89.40                        | 18.40 | 0.000028130 |   |
| 314                | -63       | 300   | 890.01          | 102.29                       | 39.29 | 0.000751993 |   |
| 367                | -97       | 300   | 890.01          | 102.29                       | 5.29  | 0.000000299 |   |
| 372                | -103      | 310   | 890.01          | 102.84                       | -0.16 | 0.000000080 |   |
| 88                 | -75       | 335   | 890.01          | 104.12                       | 29.12 | 0.000057873 |   |
| 75                 | -81       | 340   | 890.01          | 104.36                       | 23.36 | 0.000014930 |   |
| 318                | -87       | 350   | 890.01          | 104.84                       | 17.84 | 0.000003951 |   |
| 57                 | -91       | 380   | 890.01          | 106.20                       | 15.20 | 0.000001824 |   |
| 324                | -73       | 450   | 890.01          | 108.99                       | 35.99 | 0.000156019 |   |
| 368                | -81       | 450   | 890.01          | 108.99                       | 27.99 | 0.000024727 |   |
| 87                 | -79       | 460   | 890.01          | 109.35                       | 30.35 | 0.000040772 |   |
| 371                | -95       | 460   | 890.01          | 109.35                       | 14.35 | 0.000001024 |   |
| 319                | -71       | 465   | 890.01          | 109.53                       | 38.53 | 0.000262307 |   |
| 315                | -93       | 475   | 890.01          | 109.88                       | 16.88 | 0.000001720 |   |
| 94                 | -71       | 485   | 890.01          | 110.22                       | 39.22 | 0.000282963 |   |
| 26                 | -95       | 490   | 890.01          | 110.39                       | 15.39 | 0.000001147 |   |
| 73                 | -67       | 500   | 890.01          | 110.72                       | 43.72 | 0.000750829 |   |
| 74                 | -75       | 500   | 890.01          | 110.72                       | 35.72 | 0.000118998 |   |
| 317                | -77       | 500   | 890.01          | 110.72                       | 33.72 | 0.000075083 |   |
| 379                | -77       | 500   | 890.01          | 110.72                       | 33.72 | 0.000075083 |   |
| 76                 | -65       | 510   | 890.01          | 111.05                       | 46.05 | 0.001233166 |   |
| 93                 | -95       | 515   | 890.01          | 111.21                       | 16.21 | 0.000001255 |   |
| 86                 | -89       | 530   | 890.01          | 111.69                       | 22.69 | 0.000005261 |   |
| 370                | -93       | 565   | 890.01          | 112.74                       | 19.74 | 0.000002350 |   |
| 374                | -99       | 580   | 890.01          | 113.17                       | 14.17 | 0.000000619 |   |
| 364                | -75       | 580   | 890.01          | 113.17                       | 38.17 | 0.000155441 |   |
| 320                | -65       | 590   | 890.01          | 113.46                       | 48.46 | 0.001602983 |   |
| 90                 | -73       | 600   | 890.01          | 113.73                       | 40.73 | 0.000261859 |   |
| 316                | -73       | 600   | 890.01          | 113.73                       | 40.73 | 0.000261859 |   |
| 380                | -89       | 600   | 890.01          | 113.73                       | 24.73 | 0.000006578 |   |
| 325                | -99       | 600   | 890.01          | 113.73                       | 14.73 | 0.000000658 |   |
| 373                | -113      | 600   | 890.01          | 113.73                       | 0.73  | 0.000000026 |   |
| 89                 | -67       | 650   | 890.01          | 115.05                       | 48.05 | 0.001204036 |   |
| 378                | -81       | 685   | 890.01          | 115.92                       | 34.92 | 0.000052679 |   |
| 381                | -87       | 700   | 890.01          | 116.28                       | 29.28 | 0.000013759 |   |
| 323                | -66       | 700   | 890.01          | 116.28                       | 50.28 | 0.001732095 |   |
| 91                 | -69       | 700   | 890.01          | 116.28                       | 47.28 | 0.000868104 |   |
| 321                | -89       | 700   | 890.01          | 116.28                       | 27.28 | 0.000008681 |   |
| 322                | -77       | 720   | 890.01          | 116.74                       | 39.74 | 0.000144742 |   |
| 58                 | -87       | 730   | 890.01          | 116.97                       | 29.97 | 0.000014838 |   |
| 92                 | -83       | 800   | 890.01          | 118.48                       | 35.48 | 0.000043950 |   |
| 377                | -87       | 860   | 890.01          | 119.67                       | 32.67 | 0.000019929 |   |
| 59                 | -87       | 880   | 890.01          | 120.05                       | 33.05 | 0.000020771 |   |
| 375                | -79       | 900   | 890.01          | 120.43                       | 41.43 | 0.000136468 |   |

### MEDICIONES TELEFONICA Metro Centro-UES

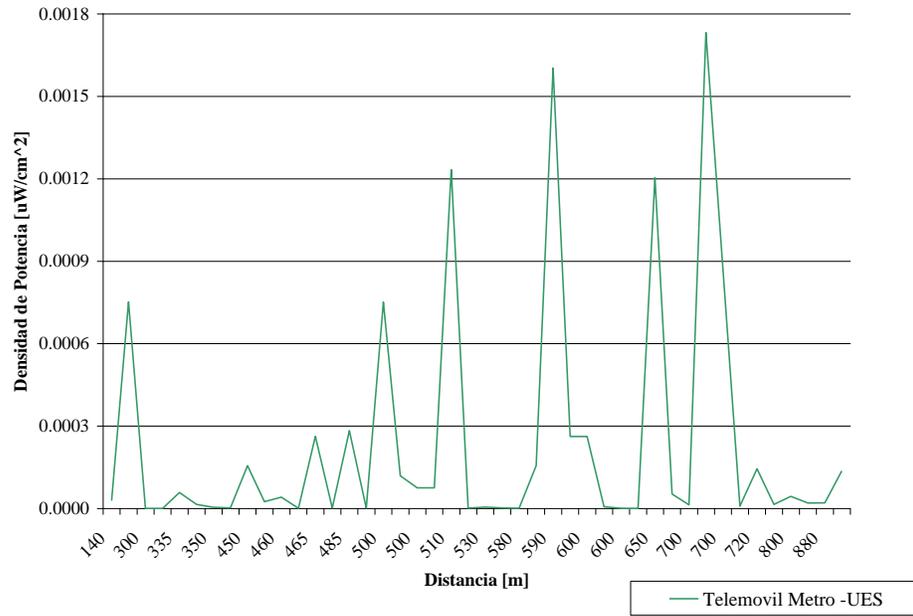
| Número de Medición | TELEFONICA |       | Frecuencia | Perdidas de      | PIRE [db] | Densidad de                 |
|--------------------|------------|-------|------------|------------------|-----------|-----------------------------|
|                    | int. de B  | Dist. | MHz.       | Propagación [db] |           | Potencia uW/cm <sup>2</sup> |
| 93                 | -63        | 90    | 891.75     | 82.14            | 19.14     | 0.000080696                 |
| 74                 | -75        | 100   | 891.75     | 83.88            | 8.88      | 0.000006155                 |
| 372                | -85        | 175   | 891.75     | 93.12            | 8.12      | 0.000001685                 |
| 373                | -78        | 200   | 891.75     | 95.32            | 17.32     | 0.000010742                 |
| 87                 | -76        | 225   | 891.75     | 97.27            | 21.27     | 0.000021045                 |
| 26                 | -88        | 250   | 891.75     | 99.00            | 11.00     | 0.000001605                 |
| 379                | -65        | 250   | 891.75     | 99.00            | 34.00     | 0.000320265                 |
| 370                | -78        | 280   | 891.75     | 100.87           | 22.87     | 0.000019683                 |
| 378                | -63        | 290   | 891.75     | 101.45           | 38.45     | 0.000663031                 |
| 371                | -82        | 300   | 891.75     | 102.01           | 20.01     | 0.000008872                 |
| 314                | -57        | 325   | 891.75     | 103.33           | 46.33     | 0.003240466                 |
| 94                 | -71        | 350   | 891.75     | 104.56           | 33.56     | 0.000147414                 |
| 75                 | -79        | 400   | 891.75     | 106.76           | 27.76     | 0.000029712                 |
| 315                | -52        | 400   | 891.75     | 106.76           | 54.76     | 0.014891053                 |
| 374                | -66        | 440   | 891.75     | 108.33           | 42.33     | 0.000703772                 |
| 377                | -62        | 440   | 891.75     | 108.33           | 46.33     | 0.001767796                 |
| 92                 | -71        | 455   | 891.75     | 108.89           | 37.89     | 0.000236395                 |
| 380                | -80        | 465   | 891.75     | 109.25           | 29.25     | 0.000030948                 |
| 376                | -69        | 500   | 891.75     | 110.44           | 41.44     | 0.000443980                 |
| 73                 | -79        | 500   | 891.75     | 110.44           | 31.44     | 0.000044398                 |
| 367                | -70        | 500   | 891.75     | 110.44           | 40.44     | 0.000352666                 |
| 316                | -55        | 500   | 891.75     | 110.44           | 55.44     | 0.011152274                 |
| 323                | -65        | 515   | 891.75     | 110.93           | 45.93     | 0.001176171                 |
| 375                | -83        | 560   | 891.75     | 112.31           | 29.31     | 0.000021675                 |
| 88                 | -70        | 560   | 891.75     | 112.31           | 42.31     | 0.000432470                 |
| 369                | -72        | 565   | 891.75     | 112.46           | 40.46     | 0.000277271                 |
| 59                 | -92        | 575   | 891.75     | 112.75           | 20.75     | 0.000002862                 |
| 86                 | -75        | 630   | 891.75     | 114.26           | 39.26     | 0.000169056                 |
| 317                | -58        | 635   | 891.75     | 114.39           | 56.39     | 0.008594292                 |
| 368                | -63        | 645   | 891.75     | 114.65           | 51.65     | 0.002795277                 |
| 58                 | -90        | 740   | 891.75     | 116.91           | 26.91     | 0.000007142                 |
| 381                | -85        | 750   | 891.75     | 117.13           | 32.13     | 0.000023138                 |
| 76                 | -70        | 790   | 891.75     | 117.99           | 47.99     | 0.000803427                 |
| 322                | -76        | 800   | 891.75     | 118.20           | 42.20     | 0.000206433                 |
| 89                 | -58        | 810   | 891.75     | 118.40           | 60.40     | 0.013319578                 |
| 318                | -59        | 860   | 891.75     | 119.39           | 60.39     | 0.011784594                 |
| 325                | -66        | 870   | 891.75     | 119.58           | 53.58     | 0.002400778                 |
| 91                 | -88        | 875   | 891.75     | 119.68           | 31.68     | 0.000015305                 |
| 90                 | -90        | 950   | 891.75     | 121.04           | 31.04     | 0.000011197                 |
| 324                | -78        | 960   | 891.75     | 121.21           | 43.21     | 0.000180845                 |
| 321                | -59        | 1020  | 891.75     | 122.21           | 63.21     | 0.016021299                 |
| 57                 | -73        | 1040  | 891.75     | 122.53           | 49.53     | 0.000660507                 |
| 319                | -71        | 1100  | 891.75     | 123.45           | 52.45     | 0.001158042                 |
| 320                | -70        | 1100  | 891.75     | 123.45           | 53.45     | 0.001457888                 |

### MEDICIONES DIGICEL Metro Centro-UES

| Número de Medición | DIGICEL   |       | Frecuencia MHz. | Perdidas de Propagación [db] | PIRE [db] | Densidad de Potencia uW/cm <sup>2</sup> |
|--------------------|-----------|-------|-----------------|------------------------------|-----------|---|
|                    | int. de B | Dist. |                 |                              |           |   |
| 75                 | -61       | 90    | 959.8           | 83.28                        | 22.28     | 0.000166127                             |
| 319                | -83       | 115   | 959.8           | 87.32                        | 4.32      | 0.000001630                             |
| 74                 | -42       | 160   | 959.8           | 92.77                        | 50.77     | 0.037172213                             |
| 379                | -59       | 160   | 959.8           | 92.77                        | 33.77     | 0.000741683                             |
| 26                 | -84       | 175   | 959.8           | 94.25                        | 10.25     | 0.000002756                             |
| 318                | -85       | 200   | 959.8           | 96.46                        | 11.46     | 0.000002784                             |
| 90                 | -47       | 200   | 959.8           | 96.46                        | 49.46     | 0.017565335                             |
| 320                | -78       | 295   | 959.8           | 102.87                       | 24.87     | 0.000028085                             |
| 86                 | -58       | 300   | 959.8           | 103.15                       | 45.15     | 0.002894814                             |
| 89                 | -73       | 300   | 959.8           | 103.15                       | 30.15     | 0.000091542                             |
| 91                 | -46       | 300   | 959.8           | 103.15                       | 57.15     | 0.045879714                             |
| 94                 | -52       | 300   | 959.8           | 103.15                       | 51.15     | 0.011524463                             |
| 314                | -89       | 310   | 959.8           | 103.69                       | 14.69     | 0.000002439                             |
| 380                | -55       | 350   | 959.8           | 105.69                       | 50.69     | 0.007622983                             |
| 57                 | -72       | 400   | 959.8           | 107.90                       | 35.90     | 0.000193424                             |
| 88                 | -56       | 400   | 959.8           | 107.90                       | 51.90     | 0.007700349                             |
| 321                | -71       | 400   | 959.8           | 107.90                       | 36.90     | 0.000243506                             |
| 373                | -60       | 400   | 959.8           | 107.90                       | 47.90     | 0.003065564                             |
| 378                | -52       | 415   | 959.8           | 108.50                       | 56.50     | 0.020667551                             |
| 322                | -67       | 475   | 959.8           | 110.73                       | 43.73     | 0.000833395                             |
| 317                | -73       | 480   | 959.8           | 110.91                       | 37.91     | 0.000213323                             |
| 76                 | -62       | 485   | 959.8           | 111.08                       | 49.08     | 0.002736135                             |
| 73                 | -77       | 500   | 959.8           | 111.58                       | 34.58     | 0.000091400                             |
| 315                | -71       | 575   | 959.8           | 113.89                       | 42.89     | 0.000467956                             |
| 375                | -62       | 595   | 959.8           | 114.45                       | 52.45     | 0.003953056                             |
| 377                | -65       | 600   | 959.8           | 114.59                       | 49.59     | 0.002011290                             |
| 372                | -67       | 600   | 959.8           | 114.59                       | 47.59     | 0.001269038                             |
| 323                | -53       | 620   | 959.8           | 115.13                       | 62.13     | 0.033814852                             |
| 58                 | -86       | 635   | 959.8           | 115.52                       | 29.52     | 0.000017693                             |
| 92                 | -86       | 655   | 959.8           | 116.04                       | 30.04     | 0.000018708                             |
| 369                | -58       | 670   | 959.8           | 116.41                       | 58.41     | 0.012295242                             |
| 381                | -60       | 675   | 959.8           | 116.53                       | 56.53     | 0.007862293                             |
| 93                 | -69       | 690   | 959.8           | 116.89                       | 47.89     | 0.001029748                             |
| 374                | -59       | 700   | 959.8           | 117.13                       | 58.13     | 0.010567662                             |
| 376                | -57       | 725   | 959.8           | 117.71                       | 60.71     | 0.017840658                             |
| 316                | -75       | 740   | 959.8           | 118.05                       | 43.05     | 0.000293373                             |
| 367                | -68       | 750   | 959.8           | 118.27                       | 50.27     | 0.001506304                             |
| 368                | -64       | 760   | 959.8           | 118.49                       | 54.49     | 0.003874957                             |
| 370                | -56       | 775   | 959.8           | 118.81                       | 62.81     | 0.025324770                             |
| 371                | -61       | 790   | 959.8           | 119.13                       | 58.13     | 0.008289555                             |
| 324                | -54       | 815   | 959.8           | 119.64                       | 65.64     | 0.043942640                             |
| 87                 | -60       | 820   | 959.8           | 119.74                       | 59.74     | 0.011160082                             |
| 325                | -56       | 1000  | 959.8           | 123.02                       | 67.02     | 0.040068441                             |
| 59                 | -87       | 1100  | 959.8           | 124.59                       | 37.59     | 0.000037784                             |

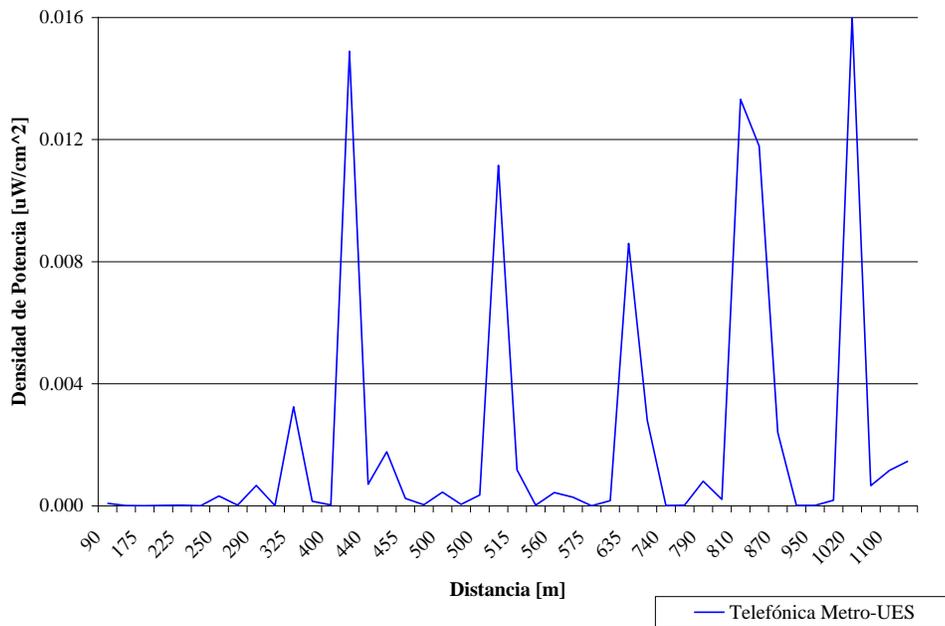
**Grafico 13**

**Densidad de Potencia vrs Distancia**

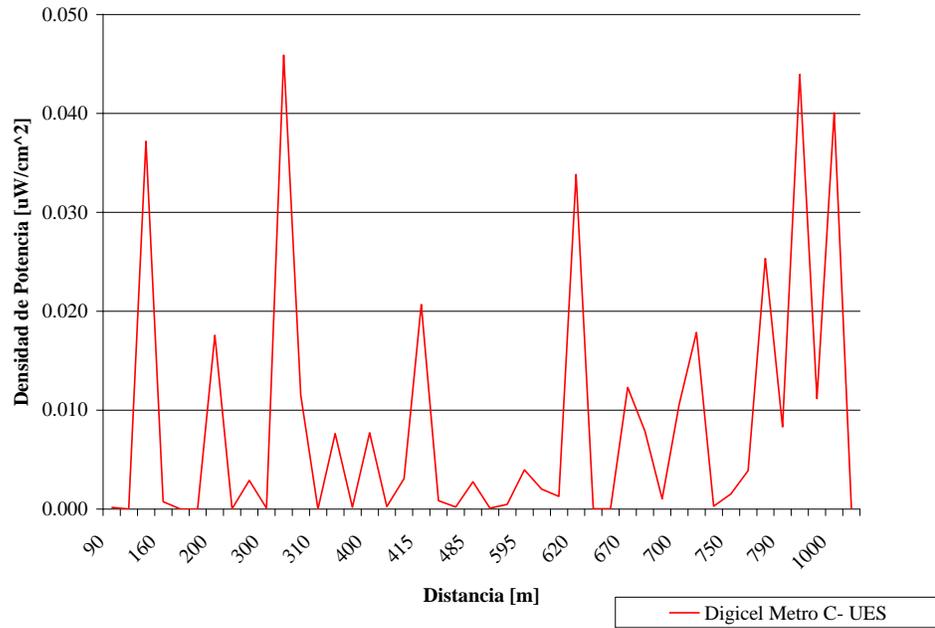


**Grafico 14**

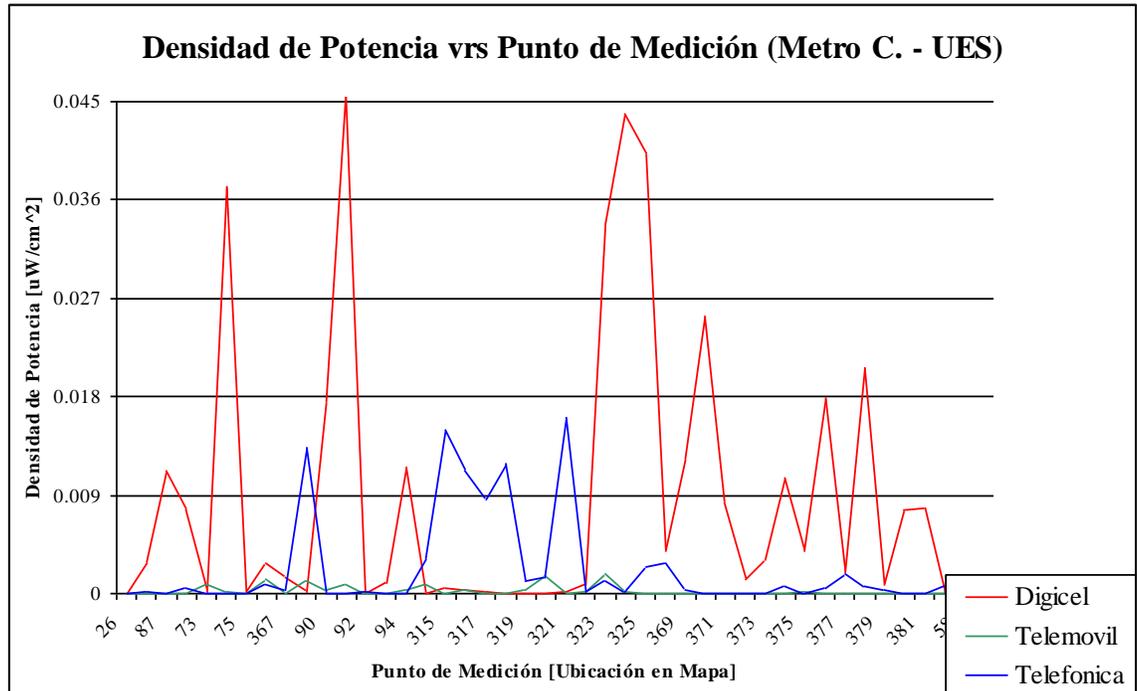
**Densidad de Potencia vrs Distancia**



**Grafico 15**  
**Densidad de Potencia vrs Distancia**



**Grafico 16**



### MEDICIONES TELEMOVIL Escalón – San Benito

| Número de Medición | TELEMOVIL |       | Frecuencia MHz. | Perdidas de Propagación [db] | PIRE [db] | Densidad de Potencia uW/cm <sup>2</sup> |
|--------------------|-----------|-------|-----------------|------------------------------|-----------|---|
|                    | int. de B | Dist. |                 |                              |           |   |
| 28                 | -77       | 95    | 890.01          | 83.00                        | 6.00      | 0.000003516                             |
| 27                 | -83       | 140   | 890.01          | 89.72                        | 6.72      | 0.000001907                             |
| 331                | -79       | 150   | 890.01          | 90.86                        | 11.86     | 0.000005424                             |
| 330                | -65       | 185   | 890.01          | 94.32                        | 29.32     | 0.000198749                             |
| 397                | -83       | 200   | 890.01          | 95.60                        | 12.60     | 0.000003625                             |
| 352                | -69       | 220   | 890.01          | 97.18                        | 28.18     | 0.000108083                             |
| 77                 | -90       | 245   | 890.01          | 98.95                        | 8.95      | 0.000001042                             |
| 338                | -95       | 250   | 890.01          | 99.29                        | 4.29      | 0.000000342                             |
| 339                | -60       | 250   | 890.01          | 99.29                        | 39.29     | 0.001080656                             |
| 396                | -67       | 275   | 890.01          | 100.86                       | 33.86     | 0.000255973                             |
| 83                 | -67       | 300   | 890.01          | 102.29                       | 35.29     | 0.000299374                             |
| 78                 | -91       | 305   | 890.01          | 102.57                       | 11.57     | 0.000001228                             |
| 332                | -93       | 350   | 890.01          | 104.84                       | 11.84     | 0.000000992                             |
| 351                | -67       | 350   | 890.01          | 104.84                       | 37.84     | 0.000395110                             |
| 336                | -99       | 380   | 890.01          | 106.20                       | 7.20      | 0.000000289                             |
| 390                | -81       | 385   | 890.01          | 106.41                       | 25.41     | 0.000018673                             |
| 392                | -87       | 460   | 890.01          | 109.35                       | 22.35     | 0.000006462                             |
| 87                 | -79       | 485   | 890.01          | 110.22                       | 31.22     | 0.000044847                             |
| 342                | -84       | 485   | 890.01          | 110.22                       | 26.22     | 0.000014182                             |
| 85                 | -81       | 495   | 890.01          | 110.56                       | 29.56     | 0.000029355                             |
| 394                | -85       | 500   | 890.01          | 110.72                       | 25.72     | 0.000011900                             |
| 341                | -96       | 500   | 890.01          | 110.72                       | 14.72     | 0.000000945                             |
| 86                 | -89       | 530   | 890.01          | 111.69                       | 22.69     | 0.000005261                             |
| 395                | -75       | 550   | 890.01          | 112.30                       | 37.30     | 0.000141269                             |
| 350                | -81       | 550   | 890.01          | 112.30                       | 31.30     | 0.000035485                             |
| 41                 | -83       | 555   | 890.01          | 112.45                       | 29.45     | 0.000022757                             |
| 81                 | -71       | 560   | 890.01          | 112.59                       | 41.59     | 0.000366550                             |
| 349                | -91       | 575   | 890.01          | 113.03                       | 22.03     | 0.000003844                             |
| 393                | -83       | 575   | 890.01          | 113.03                       | 30.03     | 0.000024255                             |
| 84                 | -93       | 575   | 890.01          | 113.03                       | 20.03     | 0.000002425                             |
| 340                | -67       | 600   | 890.01          | 113.73                       | 46.73     | 0.001042480                             |
| 333                | -85       | 600   | 890.01          | 113.73                       | 28.73     | 0.000016522                             |
| 391                | -79       | 605   | 890.01          | 113.87                       | 34.87     | 0.000066766                             |
| 80                 | -83       | 605   | 890.01          | 113.87                       | 30.87     | 0.000026580                             |
| 334                | -95       | 605   | 890.01          | 113.87                       | 18.87     | 0.000001677                             |
| 82                 | -89       | 650   | 890.01          | 115.05                       | 26.05     | 0.000007597                             |
| 334                | -95       | 650   | 890.01          | 115.05                       | 20.05     | 0.000001908                             |
| 343                | -81       | 660   | 890.01          | 115.31                       | 34.31     | 0.000049269                             |
| 348                | -95       | 695   | 890.01          | 116.16                       | 21.16     | 0.000002153                             |
| 337                | -93       | 790   | 890.01          | 118.27                       | 25.27     | 0.000004297                             |
| 344                | -69       | 800   | 890.01          | 118.48                       | 49.48     | 0.001103970                             |
| 79                 | -75       | 800   | 890.01          | 118.48                       | 43.48     | 0.000277305                             |
| 29                 | -73       | 800   | 890.01          | 118.48                       | 45.48     | 0.000439498                             |
| 346                | -85       | 850   | 890.01          | 119.48                       | 34.48     | 0.000030928                             |
| 347                | -96       | 1000  | 890.01          | 122.16                       | 26.16     | 0.000003292                             |
| 345                | -77       | 1000  | 890.01          | 122.16                       | 45.16     | 0.000261454                             |

### MEDICIONES TELEFONICA Escalón – San Benito

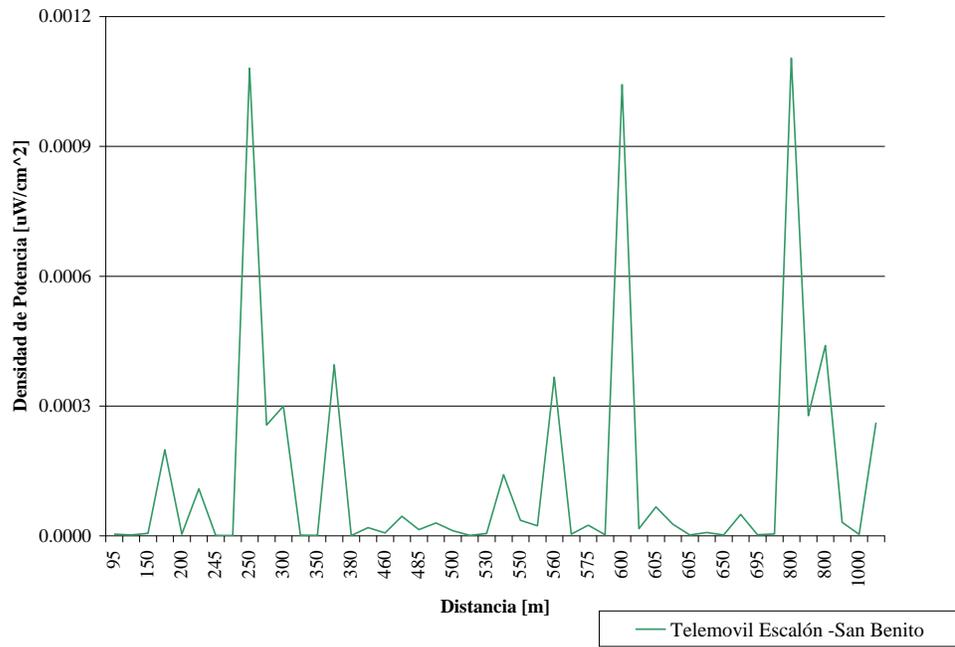
| Número de Medición | TELEFONICA |       | Frecuencia MHz. | Pérdidas de Propagación [db] | PIRE [db] | Densidad de Potencia uW/cm <sup>2</sup> |
|--------------------|------------|-------|-----------------|------------------------------|-----------|---|
|                    | int. de B  | Dist. |                 |                              |           |   |
| 337                | -76        | 100   | 891.75          | 83.88                        | 7.88      | 0.000004889                             |
| 330                | -72        | 110   | 891.75          | 85.45                        | 13.45     | 0.000014579                             |
| 333                | -67        | 125   | 891.75          | 87.56                        | 20.56     | 0.000058030                             |
| 85                 | -72        | 200   | 891.75          | 95.32                        | 23.32     | 0.000042763                             |
| 87                 | -76        | 200   | 891.75          | 95.32                        | 19.32     | 0.000017024                             |
| 334                | -60        | 200   | 891.75          | 95.32                        | 35.32     | 0.000677753                             |
| 28                 | -71        | 210   | 891.75          | 96.13                        | 25.13     | 0.000058778                             |
| 78                 | -50        | 225   | 891.75          | 97.27                        | 47.27     | 0.008378108                             |
| 27                 | -93        | 300   | 891.75          | 102.01                       | 9.01      | 0.000000705                             |
| 348                | -73        | 320   | 891.75          | 103.08                       | 30.08     | 0.000079157                             |
| 82                 | -69        | 345   | 891.75          | 104.32                       | 35.32     | 0.000227663                             |
| 352                | -85        | 345   | 891.75          | 104.32                       | 19.32     | 0.000005719                             |
| 77                 | -71        | 380   | 891.75          | 105.91                       | 34.91     | 0.000170934                             |
| 81                 | -56        | 400   | 891.75          | 106.76                       | 50.76     | 0.005928235                             |
| 335                | -79        | 400   | 891.75          | 106.76                       | 27.76     | 0.000029712                             |
| 397                | -67        | 480   | 891.75          | 109.77                       | 42.77     | 0.000653810                             |
| 395                | -64        | 495   | 891.75          | 110.28                       | 46.28     | 0.001378817                             |
| 392                | -82        | 500   | 891.75          | 110.44                       | 28.44     | 0.000022252                             |
| 336                | -78        | 500   | 891.75          | 110.44                       | 32.44     | 0.000055894                             |
| 391                | -72        | 500   | 891.75          | 110.44                       | 38.44     | 0.000222517                             |
| 338                | -82        | 500   | 891.75          | 110.44                       | 28.44     | 0.000022252                             |
| 351                | -87        | 525   | 891.75          | 111.25                       | 24.25     | 0.000007683                             |
| 349                | -91        | 530   | 891.75          | 111.40                       | 20.40     | 0.000003111                             |
| 84                 | -88        | 540   | 891.75          | 111.71                       | 23.71     | 0.000006420                             |
| 331                | -74        | 600   | 891.75          | 113.45                       | 39.45     | 0.000194935                             |
| 332                | -65        | 600   | 891.75          | 113.45                       | 48.45     | 0.001548423                             |
| 86                 | -75        | 625   | 891.75          | 114.13                       | 39.13     | 0.000166649                             |
| 83                 | -80        | 625   | 891.75          | 114.13                       | 34.13     | 0.000052699                             |
| 41                 | -87        | 665   | 891.75          | 115.15                       | 28.15     | 0.000011757                             |
| 29                 | -74        | 665   | 891.75          | 115.15                       | 41.15     | 0.000234583                             |
| 393                | -94        | 680   | 891.75          | 115.52                       | 21.52     | 0.000002442                             |
| 79                 | -76        | 700   | 891.75          | 116.00                       | 40.00     | 0.000162328                             |
| 390                | -81        | 750   | 891.75          | 117.13                       | 36.13     | 0.000058120                             |
| 350                | -85        | 780   | 891.75          | 117.78                       | 32.78     | 0.000024831                             |
| 80                 | -60        | 800   | 891.75          | 118.20                       | 58.20     | 0.008218251                             |
| 396                | -75        | 800   | 891.75          | 118.20                       | 43.20     | 0.000259884                             |
| 394                | -80        | 840   | 891.75          | 119.00                       | 39.00     | 0.000089726                             |
| 339                | -89        | 920   | 891.75          | 120.51                       | 31.51     | 0.000013306                             |
| 346                | -62        | 950   | 891.75          | 121.04                       | 59.04     | 0.007065126                             |
| 340                | -82        | 1000  | 891.75          | 121.88                       | 39.88     | 0.000077485                             |
| 347                | -68        | 1060  | 891.75          | 122.84                       | 54.84     | 0.002161563                             |
| 344                | -82        | 1150  | 891.75          | 124.19                       | 42.19     | 0.000099649                             |
| 342                | -84        | 1160  | 891.75          | 124.33                       | 40.33     | 0.000063862                             |
| 341                | -82        | 1170  | 891.75          | 124.47                       | 42.47     | 0.000102790                             |
| 345                | -82        | 1250  | 891.75          | 125.56                       | 43.56     | 0.000115786                             |
| 343                | -82        | 1300  | 891.75          | 126.21                       | 44.21     | 0.000124255                             |

### MEDICIONES DIGICEL Escalón – San Benito

| Número de<br>Medición | DIGICEL   |       | Frecuencia<br>MHz. | Pérdidas de<br>Propagación [db] | PIRE [db] | Densidad de<br>Potencia $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ |
|-----------------------|-----------|-------|--------------------|---------------------------------|-----------|---|
|                       | int. de B | Dist. |                    |                                 |           |   |
| 337                   | -65       | 100   | 959.8              | 85.02                           | 20.02     | 0.000079947                                       |
| 346                   | -63       | 100   | 959.8              | 85.02                           | 22.02     | 0.000126708                                       |
| 333                   | -60       | 125   | 959.8              | 88.70                           | 28.70     | 0.000377781                                       |
| 395                   | -61       | 125   | 959.8              | 88.70                           | 27.70     | 0.000300082                                       |
| 77                    | -63       | 140   | 959.8              | 90.57                           | 27.57     | 0.000232184                                       |
| 347                   | -65       | 160   | 959.8              | 92.77                           | 27.77     | 0.000186302                                       |
| 79                    | -73       | 175   | 959.8              | 94.25                           | 21.25     | 0.000034695                                       |
| 81                    | -70       | 180   | 959.8              | 94.72                           | 24.72     | 0.000072827                                       |
| 334                   | -69       | 200   | 959.8              | 96.46                           | 27.46     | 0.000110830                                       |
| 41                    | -63       | 235   | 959.8              | 99.12                           | 36.12     | 0.000589827                                       |
| 84                    | -53       | 250   | 959.8              | 100.14                          | 47.14     | 0.006593173                                       |
| 27                    | -57       | 295   | 959.8              | 102.87                          | 45.87     | 0.003535754                                       |
| 86                    | -58       | 300   | 959.8              | 103.15                          | 45.15     | 0.002894814                                       |
| 348                   | -54       | 320   | 959.8              | 104.21                          | 50.21     | 0.008167185                                       |
| 80                    | -55       | 350   | 959.8              | 105.69                          | 50.69     | 0.007622983                                       |
| 394                   | -60       | 400   | 959.8              | 107.90                          | 47.90     | 0.003065564                                       |
| 335                   | -63       | 400   | 959.8              | 107.90                          | 44.90     | 0.001536422                                       |
| 345                   | -59       | 400   | 959.8              | 107.90                          | 48.90     | 0.003859317                                       |
| 330                   | -55       | 435   | 959.8              | 109.28                          | 54.28     | 0.011274132                                       |
| 344                   | -61       | 475   | 959.8              | 110.73                          | 49.73     | 0.003317806                                       |
| 393                   | -63       | 475   | 959.8              | 110.73                          | 47.73     | 0.002093394                                       |
| 85                    | -61       | 480   | 959.8              | 110.91                          | 49.91     | 0.003380934                                       |
| 82                    | -58       | 485   | 959.8              | 111.08                          | 53.08     | 0.006872861                                       |
| 336                   | -65       | 500   | 959.8              | 111.58                          | 46.58     | 0.001448600                                       |
| 338                   | -67       | 500   | 959.8              | 111.58                          | 44.58     | 0.000914005                                       |
| 352                   | -69       | 560   | 959.8              | 113.45                          | 44.45     | 0.000707198                                       |
| 390                   | -67       | 560   | 959.8              | 113.45                          | 46.45     | 0.001120833                                       |
| 350                   | -64       | 565   | 959.8              | 113.60                          | 49.60     | 0.002272425                                       |
| 332                   | -67       | 595   | 959.8              | 114.45                          | 47.45     | 0.001250066                                       |
| 331                   | -60       | 600   | 959.8              | 114.59                          | 54.59     | 0.006360257                                       |
| 349                   | -55       | 600   | 959.8              | 114.59                          | 59.59     | 0.020112900                                       |
| 397                   | -59       | 600   | 959.8              | 114.59                          | 55.59     | 0.008007090                                       |
| 396                   | -56       | 600   | 959.8              | 114.59                          | 58.59     | 0.015976244                                       |
| 351                   | -59       | 610   | 959.8              | 114.86                          | 55.86     | 0.008248902                                       |
| 392                   | -57       | 630   | 959.8              | 115.39                          | 58.39     | 0.013855284                                       |
| 83                    | -56       | 670   | 959.8              | 116.41                          | 60.41     | 0.019486646                                       |
| 78                    | -66       | 700   | 959.8              | 117.13                          | 51.13     | 0.002108526                                       |
| 391                   | -56       | 700   | 959.8              | 117.13                          | 61.13     | 0.021085258                                       |
| 341                   | -57       | 775   | 959.8              | 118.81                          | 61.81     | 0.020116180                                       |
| 343                   | -61       | 785   | 959.8              | 119.02                          | 58.02     | 0.008195356                                       |
| 87                    | -60       | 790   | 959.8              | 119.13                          | 59.13     | 0.010435931                                       |
| 28                    | -60       | 875   | 959.8              | 120.81                          | 60.81     | 0.012543448                                       |
| 342                   | -67       | 890   | 959.8              | 121.09                          | 54.09     | 0.002580504                                       |
| 29                    | -75       | 900   | 959.8              | 121.28                          | 46.28     | 0.000417291                                       |
| 339                   | -66       | 920   | 959.8              | 121.64                          | 55.64     | 0.003448423                                       |
| 340                   | -61       | 1000  | 959.8              | 123.02                          | 62.02     | 0.012670754                                       |

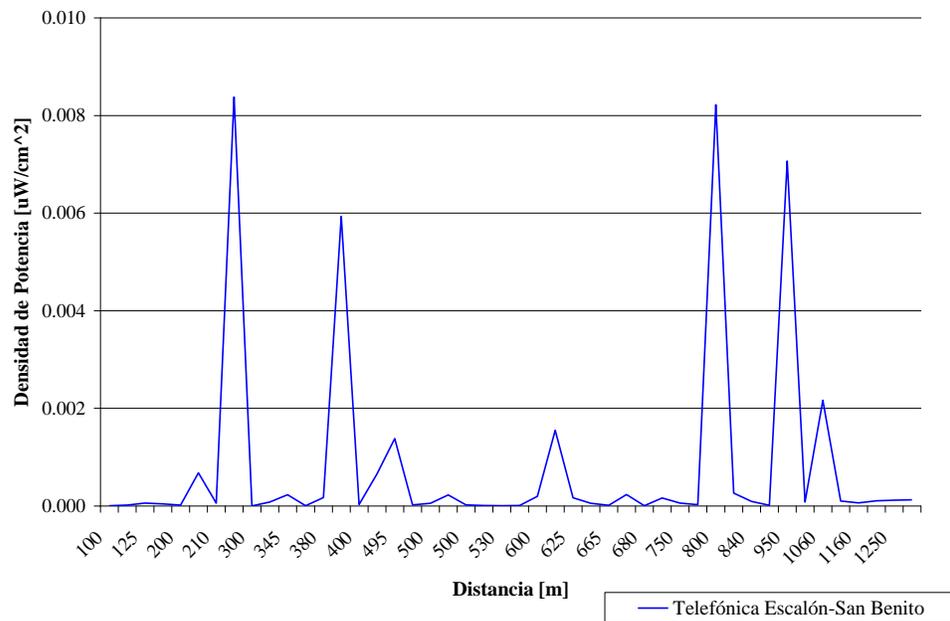
**Grafico 17**

**Densidad de Potencia vrs Distancia**



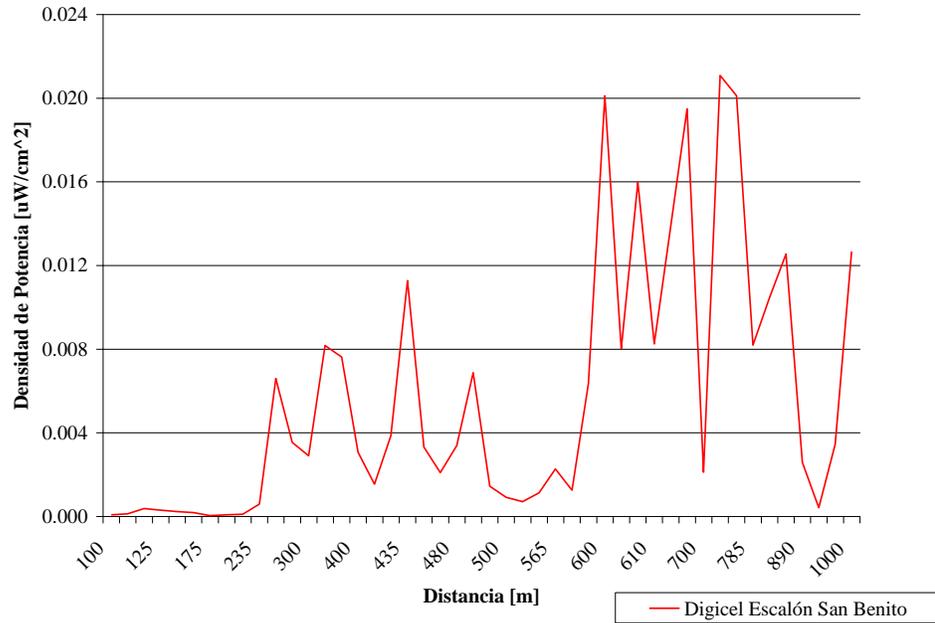
**Grafico 18**

**Densidad de Potencia vrs Distancia**



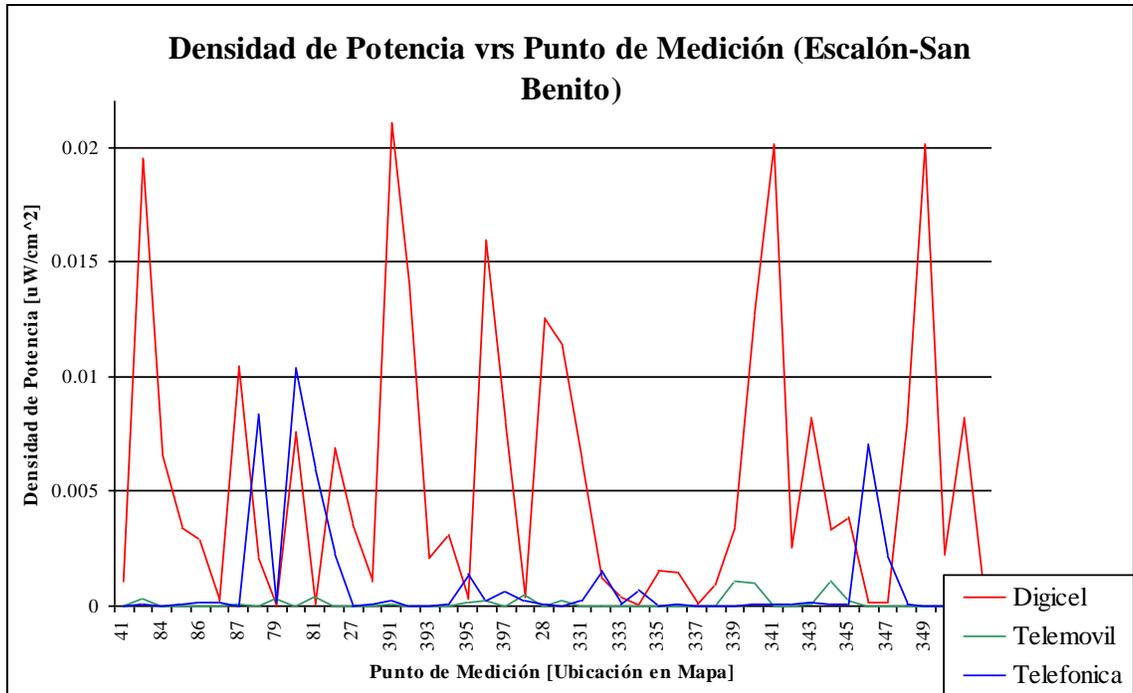
**Grafico 19**

**Densidad de Potencia vs Distancia**



**Grafico 20**

**Densidad de Potencia vs Punto de Medición (Escalón-San Benito)**



### MEDICIONES TELEMOVIL Constitución - Zacamil

| Número de Medición | TELEMOVIL |       | Frecuencia | Pérdidas de Propagación [db] | PIRE [db] | Densidad de Potencia $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ |
|--------------------|-----------|-------|------------|------------------------------|-----------|--|
|                    | int. de B | Dist. | MHz.       |                              |           |  |
| 389                | -79       | 240   | 890.01     | 98.30                        | 19.30     | 0.000011763                                    |
| 388                | -63       | 250   | 890.01     | 99.29                        | 36.29     | 0.000541611                                    |
| 385                | -81       | 410   | 890.01     | 107.45                       | 26.45     | 0.000020913                                    |
| 94                 | -71       | 475   | 890.01     | 109.88                       | 38.88     | 0.000272548                                    |
| 353                | -87       | 600   | 890.01     | 113.73                       | 26.73     | 0.000010425                                    |
| 326                | -93       | 710   | 890.01     | 116.51                       | 23.51     | 0.000003545                                    |
| 386                | -113      | 750   | 890.01     | 117.42                       | 4.42      | 0.000000039                                    |
| 387                | -97       | 785   | 890.01     | 118.17                       | 21.17     | 0.000001691                                    |
| 96                 | -73       | 785   | 890.01     | 118.17                       | 45.17     | 0.000424777                                    |
| 363                | -83       | 800   | 890.01     | 118.48                       | 35.48     | 0.000043950                                    |
| 65                 | -79       | 800   | 890.01     | 118.48                       | 39.48     | 0.000110397                                    |
| 354                | -103      | 875   | 890.01     | 119.96                       | 16.96     | 0.000000516                                    |
| 104                | -75       | 890   | 890.01     | 120.24                       | 45.24     | 0.000335968                                    |
| 95                 | -95       | 910   | 890.01     | 120.61                       | 25.61     | 0.000003497                                    |
| 327                | -79       | 990   | 890.01     | 122.00                       | 43.00     | 0.000162009                                    |
| 362                | -81       | 1000  | 890.01     | 122.16                       | 41.16     | 0.000104087                                    |
| 97                 | -89       | 1000  | 890.01     | 122.16                       | 33.16     | 0.000016497                                    |
| 61                 | -91       | 1030  | 890.01     | 122.65                       | 31.65     | 0.000010977                                    |
| 62                 | -85       | 1050  | 890.01     | 122.97                       | 37.97     | 0.000045241                                    |
| 103                | -77       | 1080  | 890.01     | 123.43                       | 46.43     | 0.000300302                                    |
| 328                | -83       | 1090  | 890.01     | 123.59                       | 40.59     | 0.000076694                                    |
| 60                 | -86       | 1100  | 890.01     | 123.74                       | 37.74     | 0.000039075                                    |
| 66                 | -81       | 1100  | 890.01     | 123.74                       | 42.74     | 0.000123567                                    |
| 329                | -94       | 1130  | 890.01     | 124.18                       | 30.18     | 0.000006500                                    |
| 355                | -89       | 1160  | 890.01     | 124.61                       | 35.61     | 0.000021549                                    |
| 64                 | -79       | 1200  | 890.01     | 125.17                       | 46.17     | 0.000229045                                    |
| 98                 | -89       | 1230  | 890.01     | 125.58                       | 36.58     | 0.000023946                                    |
| 198                | -73       | 1280  | 890.01     | 126.24                       | 53.24     | 0.001024173                                    |
| 99                 | -77       | 1300  | 890.01     | 126.49                       | 49.49     | 0.000419270                                    |
| 67                 | -79       | 1300  | 890.01     | 126.49                       | 47.49     | 0.000264541                                    |
| 356                | -93       | 1340  | 890.01     | 126.99                       | 33.99     | 0.000011122                                    |
| 63                 | -73       | 1400  | 890.01     | 127.72                       | 54.72     | 0.001203444                                    |
| 100                | -93       | 1410  | 890.01     | 127.83                       | 34.83     | 0.000012190                                    |
| 102                | -81       | 1410  | 890.01     | 127.83                       | 46.83     | 0.000193192                                    |
| 68                 | -93       | 1450  | 890.01     | 128.30                       | 35.30     | 0.000012819                                    |
| 357                | -91       | 1500  | 890.01     | 128.86                       | 37.86     | 0.000021595                                    |
| 101                | -89       | 1560  | 890.01     | 129.50                       | 40.50     | 0.000036730                                    |
| 361                | -89       | 1560  | 890.01     | 129.50                       | 40.50     | 0.000036730                                    |
| 225                | -74       | 1585  | 890.01     | 129.76                       | 55.76     | 0.001195220                                    |
| 358                | -101      | 1670  | 890.01     | 130.63                       | 29.63     | 0.000002620                                    |
| 226                | -87       | 1700  | 890.01     | 130.92                       | 43.92     | 0.000067952                                    |
| 69                 | -83       | 1740  | 890.01     | 131.30                       | 48.30     | 0.000177985                                    |
| 70                 | -85       | 1800  | 890.01     | 131.86                       | 46.86     | 0.000119367                                    |
| 359                | -95       | 1820  | 890.01     | 132.05                       | 37.05     | 0.000012177                                    |
| 360                | -85       | 1835  | 890.01     | 132.18                       | 47.18     | 0.000123578                                    |
| 361                | -89       | 1840  | 890.01     | 132.23                       | 43.23     | 0.000049439                                    |

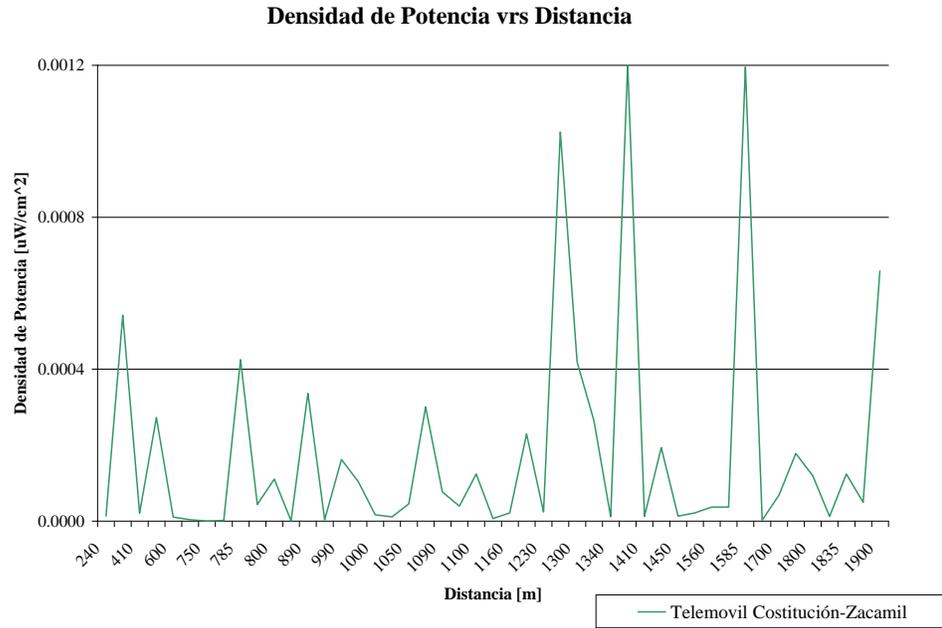
### MEDICIONES TELEFONICA Constitución - Zacamil

| Número de Medición | TELEFONICA |       | Frecuencia MHz. | Pérdidas de Propagación [db] | PIRE [db] | Densidad de Potencia uW/cm <sup>2</sup> |
|--------------------|------------|-------|-----------------|------------------------------|-----------|---|
|                    | int. de B  | Dist. |                 |                              |           |   |
| 329                | -66        | 100   | 891.75          | 83.88                        | 17.88     | 0.000048890                             |
| 97                 | -73        | 110   | 891.75          | 85.45                        | 12.45     | 0.000011580                             |
| 103                | -58        | 150   | 891.75          | 90.57                        | 32.57     | 0.000640003                             |
| 66                 | -86        | 150   | 891.75          | 90.57                        | 4.57      | 0.000001014                             |
| 198                | -86        | 160   | 891.75          | 91.64                        | 5.64      | 0.000001139                             |
| 328                | -74        | 185   | 891.75          | 94.03                        | 20.03     | 0.000023449                             |
| 96                 | -78        | 290   | 891.75          | 101.45                       | 23.45     | 0.000020967                             |
| 102                | -64        | 300   | 891.75          | 102.01                       | 38.01     | 0.000559804                             |
| 63                 | -81        | 300   | 891.75          | 102.01                       | 21.01     | 0.000011170                             |
| 327                | -79        | 325   | 891.75          | 103.33                       | 24.33     | 0.000020446                             |
| 98                 | -82        | 350   | 891.75          | 104.56                       | 22.56     | 0.000011710                             |
| 94                 | -77        | 350   | 891.75          | 104.56                       | 27.56     | 0.000037029                             |
| 64                 | -78        | 400   | 891.75          | 106.76                       | 28.76     | 0.000037405                             |
| 60                 | -70        | 420   | 891.75          | 107.57                       | 37.57     | 0.000257671                             |
| 67                 | -80        | 435   | 891.75          | 108.14                       | 28.14     | 0.000027447                             |
| 65                 | -80        | 440   | 891.75          | 108.33                       | 28.33     | 0.000028018                             |
| 62                 | -79        | 450   | 891.75          | 108.70                       | 29.70     | 0.000036728                             |
| 68                 | -85        | 450   | 891.75          | 108.70                       | 23.70     | 0.000009226                             |
| 61                 | -84        | 500   | 891.75          | 110.44                       | 26.44     | 0.000014040                             |
| 104                | -67        | 500   | 891.75          | 110.44                       | 43.44     | 0.000703661                             |
| 101                | -69        | 500   | 891.75          | 110.44                       | 41.44     | 0.000443980                             |
| 357                | -80        | 500   | 891.75          | 110.44                       | 30.44     | 0.000035267                             |
| 358                | -89        | 535   | 891.75          | 111.56                       | 22.56     | 0.000005015                             |
| 353                | -80        | 560   | 891.75          | 112.31                       | 32.31     | 0.000043247                             |
| 99                 | -68        | 570   | 891.75          | 112.61                       | 44.61     | 0.000707607                             |
| 354                | -77        | 590   | 891.75          | 113.17                       | 36.17     | 0.000094787                             |
| 355                | -75        | 595   | 891.75          | 113.31                       | 38.31     | 0.000152527                             |
| 100                | -77        | 595   | 891.75          | 113.31                       | 36.31     | 0.000096238                             |
| 359                | -78        | 600   | 891.75          | 113.45                       | 35.45     | 0.000077605                             |
| 225                | -67        | 610   | 891.75          | 113.72                       | 46.72     | 0.001006494                             |
| 356                | -89        | 650   | 891.75          | 114.77                       | 25.77     | 0.000007120                             |
| 387                | -75        | 650   | 891.75          | 114.77                       | 39.77     | 0.000178839                             |
| 326                | -67        | 660   | 891.75          | 115.02                       | 48.02     | 0.001159836                             |
| 95                 | -77        | 670   | 891.75          | 115.27                       | 38.27     | 0.000119166                             |
| 226                | -88        | 700   | 891.75          | 116.00                       | 28.00     | 0.000010242                             |
| 227                | -95        | 700   | 891.75          | 116.00                       | 21.00     | 0.000002044                             |
| 386                | -76        | 700   | 891.75          | 116.00                       | 40.00     | 0.000162328                             |
| 360                | -70        | 740   | 891.75          | 116.91                       | 46.91     | 0.000714224                             |
| 69                 | -91        | 740   | 891.75          | 116.91                       | 25.91     | 0.000005673                             |
| 389                | -82        | 820   | 891.75          | 118.61                       | 36.61     | 0.000054210                             |
| 363                | -82        | 920   | 891.75          | 120.51                       | 38.51     | 0.000066686                             |
| 388                | -79        | 950   | 891.75          | 121.04                       | 42.04     | 0.000140968                             |
| 362                | -81        | 975   | 891.75          | 121.46                       | 40.46     | 0.000093202                             |
| 361                | -86        | 1000  | 891.75          | 121.88                       | 35.88     | 0.000030847                             |
| 70                 | -96        | 1100  | 891.75          | 123.45                       | 27.45     | 0.000003662                             |
| 385                | -80        | 1160  | 891.75          | 124.33                       | 44.33     | 0.000160414                             |
| 71                 | -88        | 1360  | 891.75          | 126.96                       | 38.96     | 0.000033852                             |

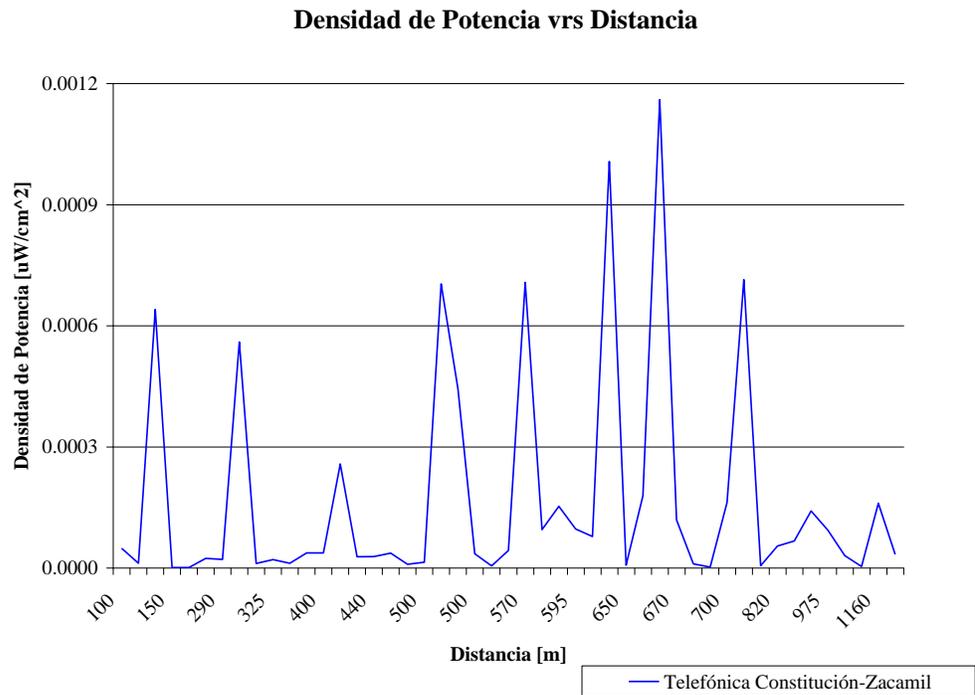
### MEDICIONES DIGICEL Constitución - Zacamil

| Número de Medición | DIGICEL   |       | Frecuencia | Pérdidas de Propagación [db] | PIRE [db] | Densidad de Potencia uW/cm <sup>2</sup> |
|--------------------|-----------|-------|------------|------------------------------|-----------|---|
|                    | int. de B | Dist. | MHz.       |                              |           |   |
| 353                | -60       | 100   | 959.8      | 85.02                        | 25.02     | 0.000252815                             |
| 388                | -57       | 150   | 959.8      | 91.71                        | 34.71     | 0.001046566                             |
| 389                | -62       | 250   | 959.8      | 100.14                       | 38.14     | 0.000830031                             |
| 95                 | -63       | 250   | 959.8      | 100.14                       | 37.14     | 0.000659317                             |
| 385                | -59       | 275   | 959.8      | 101.71                       | 42.71     | 0.001966080                             |
| 94                 | -52       | 275   | 959.8      | 101.71                       | 49.71     | 0.009853744                             |
| 361                | -64       | 400   | 959.8      | 107.90                       | 43.90     | 0.001220423                             |
| 67                 | -64       | 475   | 959.8      | 110.73                       | 46.73     | 0.001662842                             |
| 363                | -69       | 475   | 959.8      | 110.73                       | 41.73     | 0.000525837                             |
| 354                | -62       | 500   | 959.8      | 111.58                       | 49.58     | 0.002890337                             |
| 362                | -55       | 500   | 959.8      | 111.58                       | 56.58     | 0.014485999                             |
| 355                | -58       | 550   | 959.8      | 113.15                       | 55.15     | 0.008618968                             |
| 387                | -67       | 600   | 959.8      | 114.59                       | 47.59     | 0.001269038                             |
| 66                 | -72       | 650   | 959.8      | 115.91                       | 43.91     | 0.000463497                             |
| 356                | -64       | 675   | 959.8      | 116.53                       | 52.53     | 0.003130035                             |
| 386                | -71       | 710   | 959.8      | 117.37                       | 46.37     | 0.000684018                             |
| 96                 | -78       | 720   | 959.8      | 117.60                       | 39.60     | 0.000139959                             |
| 68                 | -93       | 730   | 959.8      | 117.82                       | 24.82     | 0.000004537                             |
| 357                | -75       | 790   | 959.8      | 119.13                       | 44.13     | 0.000330013                             |
| 358                | -77       | 860   | 959.8      | 120.53                       | 43.53     | 0.000242605                             |
| 97                 | -73       | 900   | 959.8      | 121.28                       | 48.28     | 0.000661362                             |
| 70                 | -94       | 1050  | 959.8      | 123.82                       | 29.82     | 0.000006933                             |
| 98                 | -91       | 1100  | 959.8      | 124.59                       | 33.59     | 0.000015042                             |
| 359                | -66       | 1100  | 959.8      | 124.59                       | 58.59     | 0.004756739                             |
| 62                 | -71       | 1175  | 959.8      | 125.68                       | 54.68     | 0.001693833                             |
| 71                 | -71       | 1200  | 959.8      | 126.03                       | 55.03     | 0.001759255                             |
| 326                | -79       | 1240  | 959.8      | 126.57                       | 47.57     | 0.000295775                             |
| 69                 | -61       | 1250  | 959.8      | 126.70                       | 65.70     | 0.018933917                             |
| 60                 | -82       | 1260  | 959.8      | 126.83                       | 44.83     | 0.000152570                             |
| 61                 | -93       | 1300  | 959.8      | 127.35                       | 34.35     | 0.000012820                             |
| 63                 | -93       | 1330  | 959.8      | 127.72                       | 34.72     | 0.000013358                             |
| 100                | -92       | 1335  | 959.8      | 127.79                       | 35.79     | 0.000016930                             |
| 99                 | -77       | 1350  | 959.8      | 127.97                       | 50.97     | 0.000546265                             |
| 65                 | -92       | 1360  | 959.8      | 128.09                       | 36.09     | 0.000017505                             |
| 104                | -82       | 1400  | 959.8      | 128.57                       | 46.57     | 0.000184431                             |
| 360                | -63       | 1410  | 959.8      | 128.69                       | 65.69     | 0.014838734                             |
| 64                 | -76       | 1450  | 959.8      | 129.15                       | 53.15     | 0.000782105                             |
| 328                | -73       | 1490  | 959.8      | 129.60                       | 56.60     | 0.001638844                             |
| 329                | -63       | 1525  | 959.8      | 129.98                       | 66.98     | 0.017087879                             |
| 327                | -78       | 1555  | 959.8      | 130.30                       | 52.30     | 0.000559651                             |
| 102                | -84       | 1650  | 959.8      | 131.28                       | 47.28     | 0.000156413                             |
| 227                | -78       | 1650  | 959.8      | 131.28                       | 53.28     | 0.000622692                             |
| 198                | -95       | 1660  | 959.8      | 131.38                       | 36.38     | 0.000012560                             |
| 225                | -82       | 1665  | 959.8      | 131.43                       | 49.43     | 0.000251970                             |
| 103                | -79       | 1700  | 959.8      | 131.77                       | 52.77     | 0.000521928                             |
| 101                | -80       | 1780  | 959.8      | 132.53                       | 52.53     | 0.000450359                             |
| 226                | -89       | 1780  | 959.8      | 132.53                       | 43.53     | 0.000056697                             |

**Grafico 21**

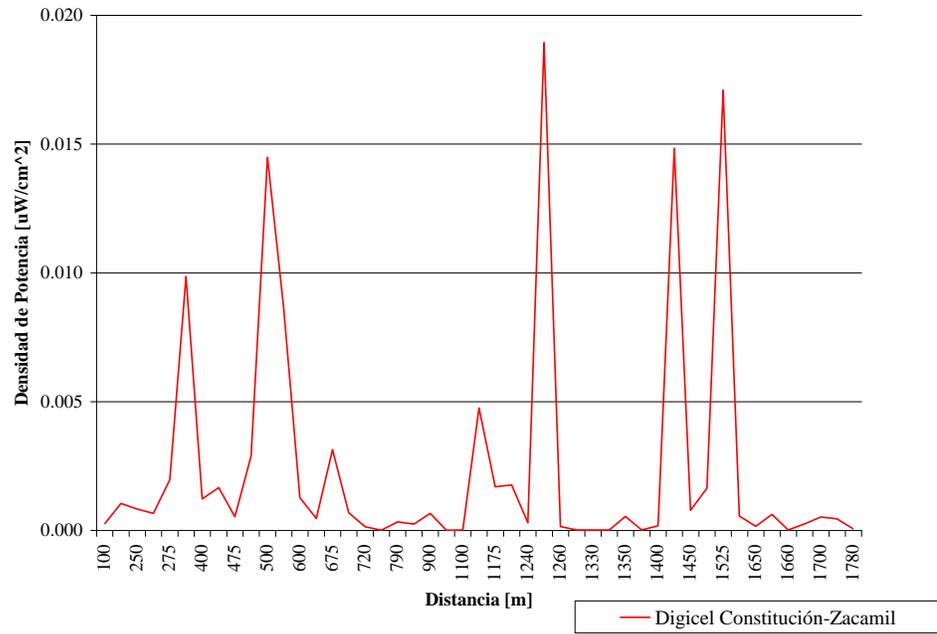


**Grafico 22**



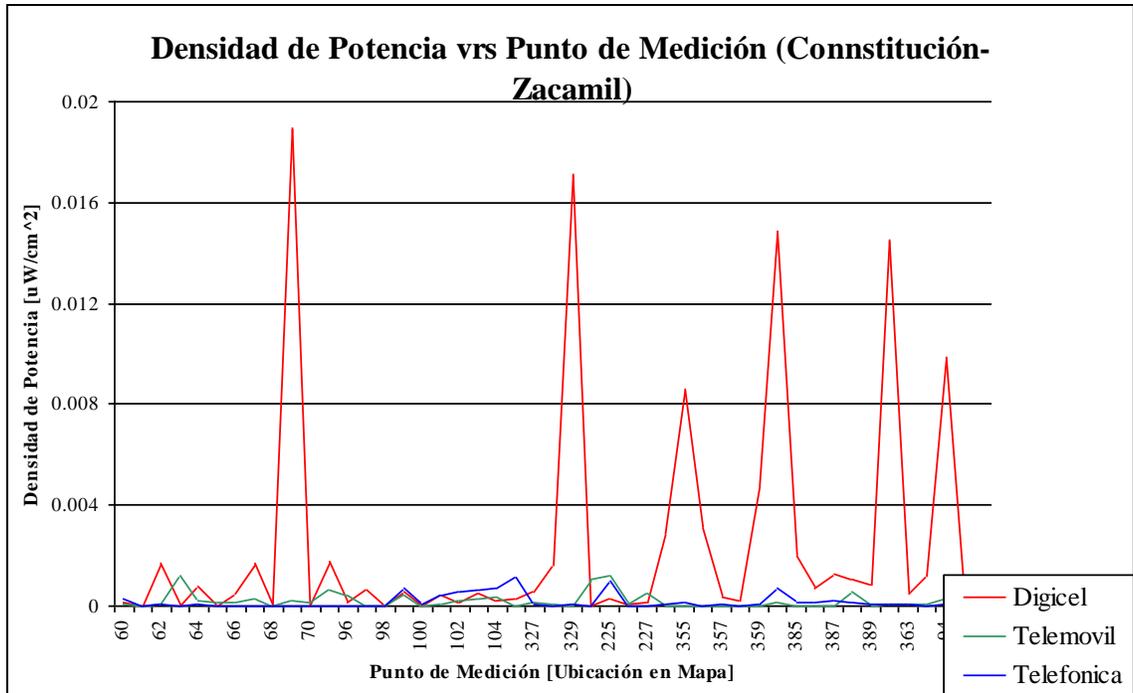
**Grafico 23**

**Densidad de Potencia vs Distancia**



**Grafico 24**

**Densidad de Potencia vs Punto de Medición (Constitución-Zacamil)**



### MEDICIONES TELEMOVIL Ciudad Delgado

| Número de Medición | TELEMOVIL |       | Frecuencia MHz. | Pérdidas de Propagación [db] | PIRE [db] | Densidad de Potencia uW/cm <sup>2</sup> |
|--------------------|-----------|-------|-----------------|------------------------------|-----------|---|
|                    | int. de B | Dist. |                 |                              |           |   |
| 211                | -85       | 100   | 890.01          | 83.85                        | -1.15     | 0.000000611                             |
| 234                | -85       | 135   | 890.01          | 89.12                        | 4.12      | 0.000001127                             |
| 206                | -79       | 160   | 890.01          | 91.92                        | 12.92     | 0.000006093                             |
| 200                | -83       | 200   | 890.01          | 95.60                        | 12.60     | 0.000003625                             |
| 205                | -93       | 335   | 890.01          | 104.12                       | 11.12     | 0.000000917                             |
| 264                | -57       | 380   | 890.01          | 106.20                       | 49.20     | 0.004581480                             |
| 212                | -82       | 400   | 890.01          | 107.04                       | 25.04     | 0.000015889                             |
| 201                | -87       | 400   | 890.01          | 107.04                       | 20.04     | 0.000005025                             |
| 260                | -63       | 400   | 890.01          | 107.04                       | 44.04     | 0.001262128                             |
| 263                | -67       | 475   | 890.01          | 109.88                       | 42.88     | 0.000684611                             |
| 207                | -103      | 520   | 890.01          | 111.37                       | 8.37      | 0.000000202                             |
| 265                | -61       | 545   | 890.01          | 112.15                       | 51.15     | 0.003490672                             |
| 204                | -107      | 550   | 890.01          | 112.30                       | 5.30      | 0.000000089                             |
| 261                | -63       | 600   | 890.01          | 113.73                       | 50.73     | 0.002618590                             |
| 259                | -61       | 650   | 890.01          | 115.05                       | 54.05     | 0.004793352                             |
| 208                | -85       | 680   | 890.01          | 115.80                       | 30.80     | 0.000020697                             |
| 262                | -69       | 705   | 890.01          | 116.40                       | 47.40     | 0.000879297                             |
| 258                | -75       | 800   | 890.01          | 118.48                       | 43.48     | 0.000277305                             |
| 209                | -89       | 800   | 890.01          | 118.48                       | 29.48     | 0.000011040                             |
| 202                | -84       | 910   | 890.01          | 120.61                       | 36.61     | 0.000044022                             |
| 203                | -75       | 960   | 890.01          | 121.49                       | 46.49     | 0.000385020                             |
| 210                | -67       | 1000  | 890.01          | 122.16                       | 55.16     | 0.002614540                             |
| 253                | -91       | 1040  | 890.01          | 122.81                       | 31.81     | 0.000011170                             |
| 252                | -93       | 1050  | 890.01          | 122.97                       | 29.97     | 0.000007170                             |
| 233                | -75       | 1100  | 890.01          | 123.74                       | 48.74     | 0.000491929                             |
| 257                | -85       | 1120  | 890.01          | 124.03                       | 39.03     | 0.000050815                             |
| 232                | -65       | 1200  | 890.01          | 125.17                       | 60.17     | 0.005753360                             |
| 254                | -85       | 1205  | 890.01          | 125.24                       | 40.24     | 0.000057966                             |
| 235                | -83       | 1210  | 890.01          | 125.31                       | 42.31     | 0.000092557                             |
| 257                | -85       | 1235  | 890.01          | 125.65                       | 40.65     | 0.000060589                             |
| 256                | -75       | 1250  | 890.01          | 125.85                       | 50.85     | 0.000619203                             |
| 249                | -87       | 1290  | 890.01          | 126.37                       | 39.37     | 0.000041348                             |
| 236                | -79       | 1300  | 890.01          | 126.49                       | 47.49     | 0.000264541                             |
| 248                | -90       | 1320  | 890.01          | 126.75                       | 36.75     | 0.000021599                             |
| 250                | -97       | 1380  | 890.01          | 127.48                       | 30.48     | 0.000004669                             |
| 255                | -87       | 1420  | 890.01          | 127.95                       | 40.95     | 0.000049149                             |
| 240                | -84       | 1500  | 890.01          | 128.86                       | 44.86     | 0.000108233                             |
| 238                | -91       | 1500  | 890.01          | 128.86                       | 37.86     | 0.000021595                             |
| 237                | -91       | 1600  | 890.01          | 129.92                       | 38.92     | 0.000024256                             |
| 239                | -85       | 1640  | 890.01          | 130.33                       | 45.33     | 0.000100952                             |
| 241                | -77       | 1800  | 890.01          | 131.86                       | 54.86     | 0.000753157                             |
| 245                | -79       | 1890  | 890.01          | 132.67                       | 53.67     | 0.000518832                             |
| 247                | -75       | 1900  | 890.01          | 132.76                       | 57.76     | 0.001315685                             |
| 244                | -69       | 1940  | 890.01          | 133.10                       | 64.10     | 0.005437990                             |
| 242                | -79       | 1980  | 890.01          | 133.44                       | 54.44     | 0.000564147                             |
| 246                | -81       | 2100  | 890.01          | 134.41                       | 53.41     | 0.000395722                             |
| 243                | -71       | 2150  | 890.01          | 134.80                       | 63.80     | 0.004128426                             |

### MEDICIONES TELEFÓNICA Ciudad Delgado

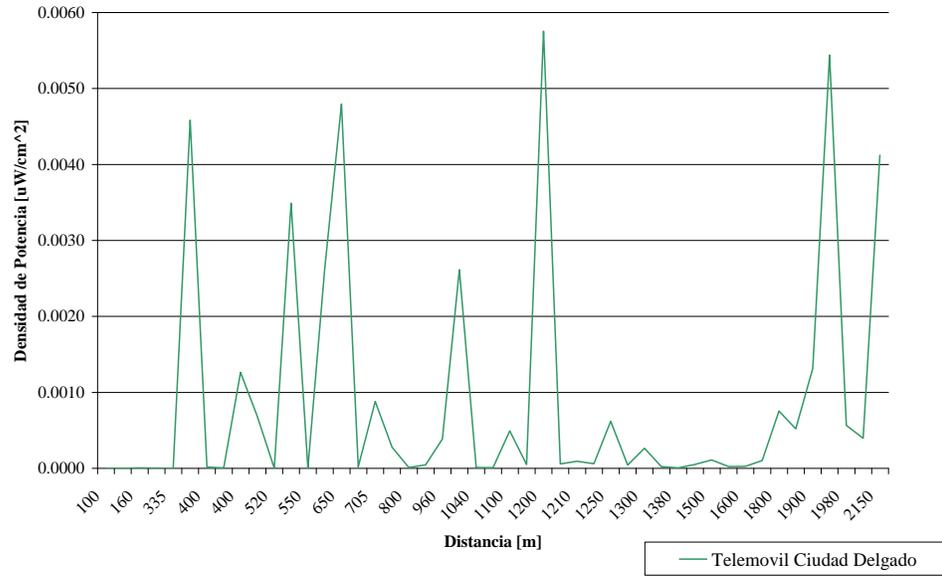
| Número de Medición | TELEFONICA |       | Frecuencia | Pérdidas de Propagación [db] | PIRE [db] | Densidad de Potencia uW/cm <sup>2</sup> |
|--------------------|------------|-------|------------|------------------------------|-----------|---|
|                    | int. de B  | Dist. | MHz.       |                              |           |   |
| 249                | -49        | 200   | 891.75     | 95.32                        | 46.32     | 0.008532404                             |
| 248                | -51        | 240   | 891.75     | 98.33                        | 47.33     | 0.007474767                             |
| 200                | -55        | 250   | 891.75     | 99.00                        | 44.00     | 0.003202650                             |
| 250                | -76        | 375   | 891.75     | 105.70                       | 29.70     | 0.000052781                             |
| 262                | -69        | 400   | 891.75     | 106.76                       | 37.76     | 0.000297116                             |
| 251                | -89        | 440   | 891.75     | 108.33                       | 19.33     | 0.000003527                             |
| 235                | -74        | 500   | 891.75     | 110.44                       | 36.44     | 0.000140399                             |
| 240                | -75        | 500   | 891.75     | 110.44                       | 35.44     | 0.000111523                             |
| 201                | -73        | 545   | 891.75     | 111.87                       | 38.87     | 0.000206410                             |
| 261                | -73        | 590   | 891.75     | 113.17                       | 40.17     | 0.000238095                             |
| 252                | -75        | 600   | 891.75     | 113.45                       | 38.45     | 0.000154842                             |
| 253                | -74        | 700   | 891.75     | 116.00                       | 42.00     | 0.000257273                             |
| 238                | -70        | 705   | 891.75     | 116.11                       | 46.11     | 0.000654573                             |
| 234                | -76        | 710   | 891.75     | 116.23                       | 40.23     | 0.000166526                             |
| 263                | -57        | 735   | 891.75     | 116.80                       | 59.80     | 0.014077795                             |
| 236                | -75        | 780   | 891.75     | 117.78                       | 42.78     | 0.000248306                             |
| 239                | -74        | 800   | 891.75     | 118.20                       | 44.20     | 0.000327174                             |
| 257                | -76        | 800   | 891.75     | 118.20                       | 42.20     | 0.000206433                             |
| 258                | -83        | 810   | 891.75     | 118.40                       | 35.40     | 0.000042120                             |
| 209                | -73        | 810   | 891.75     | 118.40                       | 45.40     | 0.000421202                             |
| 247                | -58        | 820   | 891.75     | 118.61                       | 60.61     | 0.013617029                             |
| 254                | -71        | 870   | 891.75     | 119.58                       | 48.58     | 0.000759193                             |
| 202                | -71        | 875   | 891.75     | 119.68                       | 48.68     | 0.000767065                             |
| 255                | -63        | 900   | 891.75     | 120.14                       | 57.14     | 0.005091596                             |
| 211                | -94        | 900   | 891.75     | 120.14                       | 26.14     | 0.000004044                             |
| 245                | -63        | 900   | 891.75     | 120.14                       | 57.14     | 0.005091596                             |
| 260                | -72        | 900   | 891.75     | 120.14                       | 48.14     | 0.000640994                             |
| 265                | -58        | 910   | 891.75     | 120.33                       | 62.33     | 0.016424491                             |
| 207                | -74        | 940   | 891.75     | 120.86                       | 46.86     | 0.000437369                             |
| 259                | -73        | 945   | 891.75     | 120.95                       | 47.95     | 0.000555897                             |
| 264                | -67        | 950   | 891.75     | 121.04                       | 54.04     | 0.002234189                             |
| 237                | -69        | 975   | 891.75     | 121.46                       | 52.46     | 0.001477154                             |
| 233                | -71        | 1000  | 891.75     | 121.88                       | 50.88     | 0.000975478                             |
| 241                | -70        | 1000  | 891.75     | 121.88                       | 51.88     | 0.001228054                             |
| 203                | -79        | 1000  | 891.75     | 121.88                       | 42.88     | 0.000154603                             |
| 206                | -80        | 1000  | 891.75     | 121.88                       | 41.88     | 0.000122805                             |
| 256                | -79        | 1050  | 891.75     | 122.69                       | 43.69     | 0.000168794                             |
| 210                | -89        | 1050  | 891.75     | 122.69                       | 33.69     | 0.000016879                             |
| 246                | -59        | 1080  | 891.75     | 123.15                       | 64.15     | 0.017757433                             |
| 232                | -75        | 1100  | 891.75     | 123.45                       | 48.45     | 0.000461025                             |
| 208                | -69        | 1100  | 891.75     | 123.45                       | 54.45     | 0.001835373                             |
| 242                | -75        | 1200  | 891.75     | 124.89                       | 49.89     | 0.000539192                             |
| 204                | -85        | 1200  | 891.75     | 124.89                       | 39.89     | 0.000053919                             |
| 205                | -73        | 1300  | 891.75     | 126.21                       | 53.21     | 0.000986996                             |
| 243                | -67        | 1300  | 891.75     | 126.21                       | 59.21     | 0.003929302                             |
| 244                | -77        | 1450  | 891.75     | 128.01                       | 51.01     | 0.000478277                             |
| 212                | -91        | 1560  | 891.75     | 129.22                       | 38.22     | 0.000021719                             |

### MEDICIONES DIGICEL Ciudad Delgado

| Número de Medición | DIGICEL   |       | Frecuencia MHz. | Pérdidas de Propagación [db] | PIRE [db] | Densidad de Potencia uW/cm <sup>2</sup> |
|--------------------|-----------|-------|-----------------|------------------------------|-----------|---|
|                    | int. de B | Dist. |                 |                              |           |   |
| 261                | -74       | 100   | 959.8           | 85.02                        | 11.02     | 0.000010065                             |
| 263                | -83       | 100   | 959.8           | 85.02                        | 2.02      | 0.000001267                             |
| 200                | -87       | 190   | 959.8           | 95.61                        | 8.61      | 0.000001602                             |
| 234                | -85       | 215   | 959.8           | 97.65                        | 12.65     | 0.000003171                             |
| 260                | -65       | 285   | 959.8           | 102.30                       | 37.30     | 0.000526651                             |
| 262                | -79       | 300   | 959.8           | 103.15                       | 24.15     | 0.000022994                             |
| 259                | -59       | 400   | 959.8           | 107.90                       | 48.90     | 0.003859317                             |
| 258                | -54       | 450   | 959.8           | 109.84                       | 55.84     | 0.015086377                             |
| 233                | -72       | 500   | 959.8           | 111.58                       | 39.58     | 0.000289034                             |
| 235                | -90       | 525   | 959.8           | 112.38                       | 22.38     | 0.000005001                             |
| 201                | -93       | 550   | 959.8           | 113.15                       | 20.15     | 0.000002726                             |
| 236                | -90       | 590   | 959.8           | 114.31                       | 24.31     | 0.000006171                             |
| 264                | -67       | 600   | 959.8           | 114.59                       | 47.59     | 0.001269038                             |
| 257                | -61       | 700   | 959.8           | 117.13                       | 56.13     | 0.006667744                             |
| 232                | -65       | 700   | 959.8           | 117.13                       | 52.13     | 0.002654477                             |
| 265                | -76       | 750   | 959.8           | 118.27                       | 42.27     | 0.000238733                             |
| 203                | -59       | 775   | 959.8           | 118.81                       | 59.81     | 0.012692451                             |
| 238                | -89       | 790   | 959.8           | 119.13                       | 30.13     | 0.000013138                             |
| 248                | -73       | 800   | 959.8           | 119.34                       | 46.34     | 0.000535013                             |
| 249                | -99       | 810   | 959.8           | 119.54                       | 20.54     | 0.000001374                             |
| 240                | -73       | 840   | 959.8           | 120.14                       | 47.14     | 0.000584124                             |
| 237                | -83       | 880   | 959.8           | 120.91                       | 37.91     | 0.000063514                             |
| 256                | -71       | 900   | 959.8           | 121.28                       | 50.28     | 0.001048187                             |
| 239                | -92       | 950   | 959.8           | 122.17                       | 30.17     | 0.000009177                             |
| 202                | -87       | 950   | 959.8           | 122.17                       | 35.17     | 0.000029021                             |
| 251                | -79       | 1010  | 959.8           | 123.18                       | 44.18     | 0.000204447                             |
| 250                | -93       | 1020  | 959.8           | 123.34                       | 30.34     | 0.000008285                             |
| 252                | -83       | 1040  | 959.8           | 123.67                       | 40.67     | 0.000085795                             |
| 241                | -77       | 1060  | 959.8           | 123.98                       | 46.98     | 0.000353470                             |
| 255                | -77       | 1075  | 959.8           | 124.21                       | 47.21     | 0.000362525                             |
| 253                | -94       | 1100  | 959.8           | 124.59                       | 30.59     | 0.000007539                             |
| 254                | -87       | 1140  | 959.8           | 125.18                       | 38.18     | 0.000040293                             |
| 245                | -89       | 1200  | 959.8           | 126.03                       | 37.03     | 0.000027882                             |
| 244                | -65       | 1225  | 959.8           | 126.37                       | 61.37     | 0.007268544                             |
| 247                | -63       | 1230  | 959.8           | 126.43                       | 63.43     | 0.011604639                             |
| 242                | -87       | 1240  | 959.8           | 126.57                       | 39.57     | 0.000046877                             |
| 211                | -74       | 1360  | 959.8           | 128.09                       | 54.09     | 0.001104517                             |
| 206                | -62       | 1370  | 959.8           | 128.21                       | 66.21     | 0.017737788                             |
| 208                | -61       | 1435  | 959.8           | 128.98                       | 67.98     | 0.024273694                             |
| 207                | -67       | 1450  | 959.8           | 129.15                       | 62.15     | 0.006212478                             |
| 246                | -77       | 1500  | 959.8           | 129.71                       | 52.71     | 0.000660339                             |
| 243                | -71       | 1520  | 959.8           | 129.93                       | 58.93     | 0.002692284                             |
| 210                | -61       | 1530  | 959.8           | 130.04                       | 69.04     | 0.027242504                             |
| 212                | -76       | 1650  | 959.8           | 131.28                       | 55.28     | 0.000986901                             |
| 205                | -69       | 1650  | 959.8           | 131.28                       | 62.28     | 0.004946221                             |
| 209                | -73       | 1700  | 959.8           | 131.77                       | 58.77     | 0.002077832                             |
| 204                | -73       | 1780  | 959.8           | 132.53                       | 59.53     | 0.002257140                             |

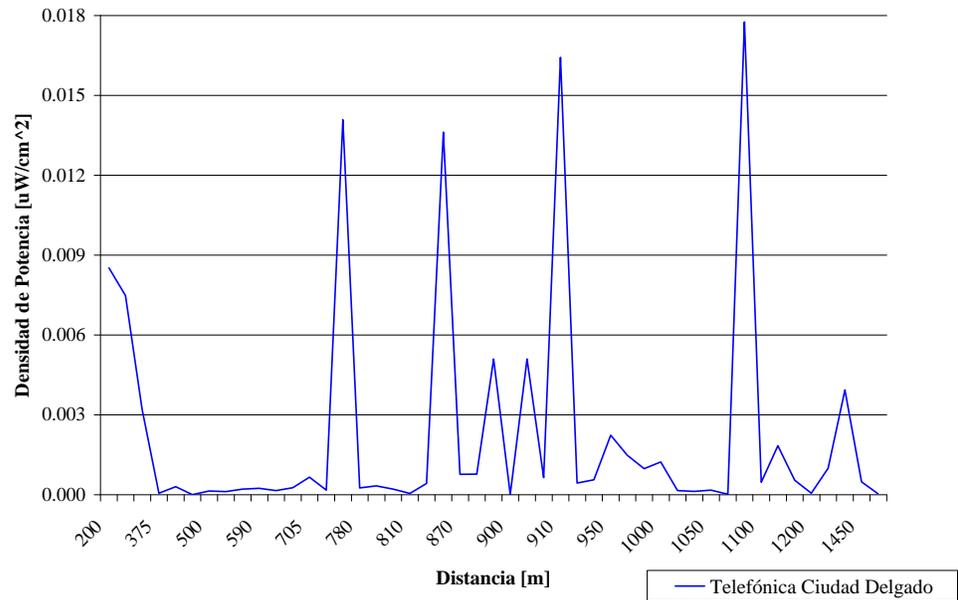
**Grafico 25**

**Densidad de Potencia vrs Distancia**



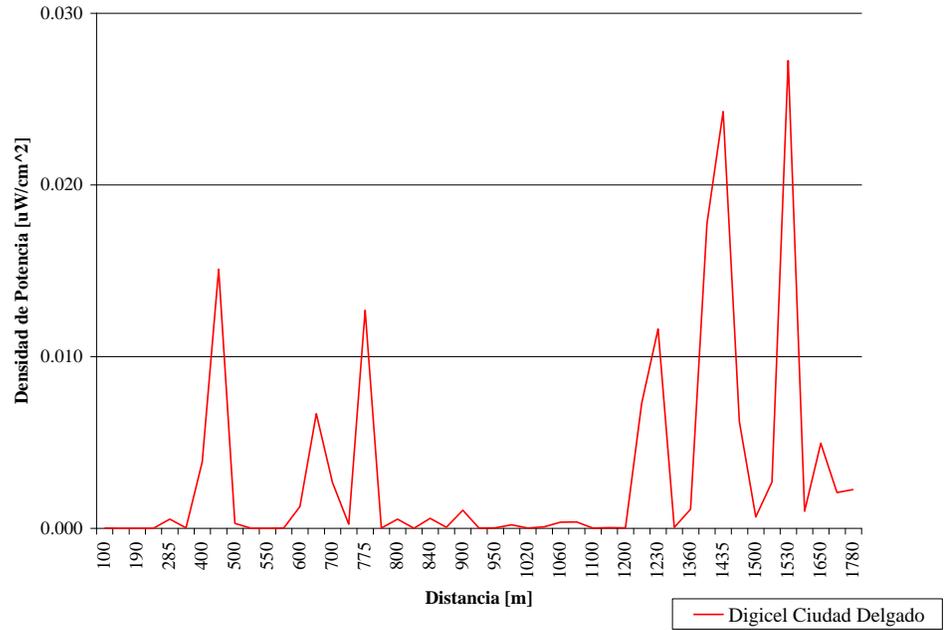
**Grafico 26**

**Densidad de Potencia vrs Distancia**



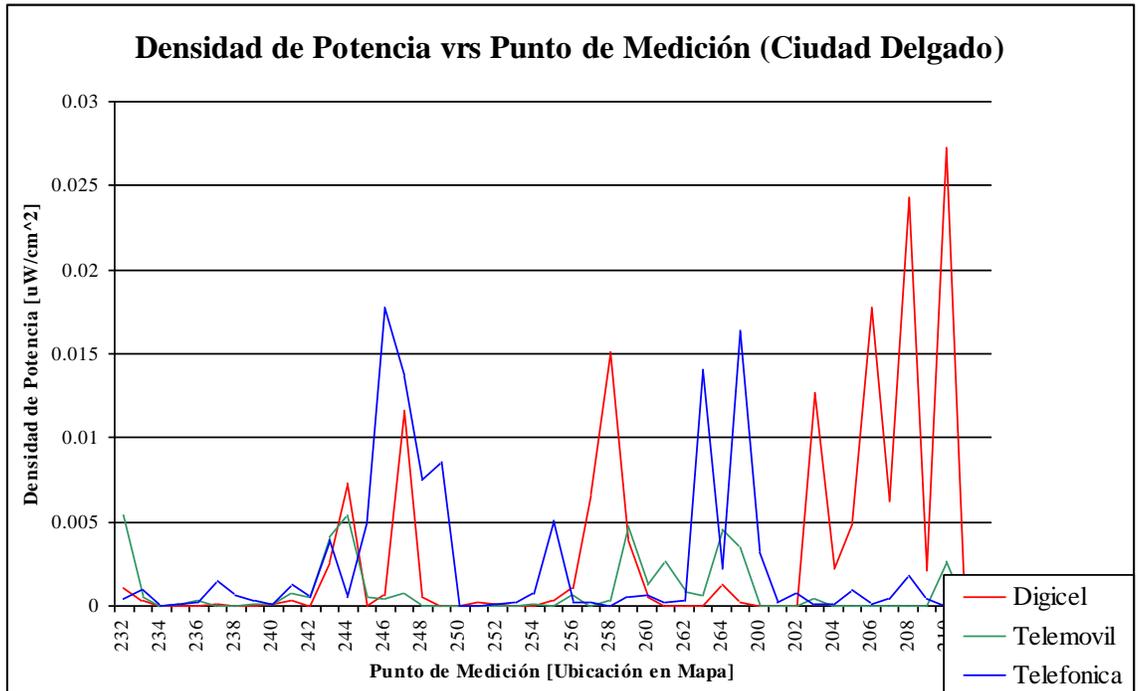
**Grafico 27**

**Densidad de Potencia vsr Distancia**



**Grafico 28**

**Densidad de Potencia vsr Punto de Medición (Ciudad Delgado)**



### MEDICIONES TELEMOVIL Centro de San Salvador

| Número de Medición | TELEMOVIL |       | Frecuencia | Pérdidas de      | PIRE [db] | Densidad de                 |
|--------------------|-----------|-------|------------|------------------|-----------|-----------------------------|
|                    | int. de B | Dist. | MHz.       | Propagación [db] |           | Potencia uW/cm <sup>2</sup> |
| 312                | -67       | 90    | 890.01     | 82.11            | 15.11     | 0.000031898                 |
| 274                | -57       | 150   | 890.01     | 90.86            | 33.86     | 0.000859725                 |
| 302                | -73       | 180   | 890.01     | 93.86            | 20.86     | 0.000029984                 |
| 273                | -59       | 190   | 890.01     | 94.76            | 35.76     | 0.000830141                 |
| 303                | -85       | 190   | 890.01     | 94.76            | 9.76      | 0.000002085                 |
| 311                | -63       | 200   | 890.01     | 95.60            | 32.60     | 0.000362451                 |
| 275                | -83       | 240   | 890.01     | 98.61            | 15.61     | 0.000005032                 |
| 272                | -67       | 250   | 890.01     | 99.29            | 32.29     | 0.000215619                 |
| 314                | -63       | 290   | 890.01     | 101.73           | 38.73     | 0.000707476                 |
| 313                | -65       | 300   | 890.01     | 102.29           | 37.29     | 0.000474475                 |
| 271                | -63       | 300   | 890.01     | 102.29           | 39.29     | 0.000751993                 |
| 307                | -57       | 350   | 890.01     | 104.84           | 47.84     | 0.003951098                 |
| 47                 | -87       | 350   | 890.01     | 104.84           | 17.84     | 0.000003951                 |
| 310                | -69       | 380   | 890.01     | 106.20           | 37.20     | 0.000289072                 |
| 297                | -88       | 400   | 890.01     | 107.04           | 19.04     | 0.000003991                 |
| 50                 | -88       | 400   | 890.01     | 107.04           | 19.04     | 0.000003991                 |
| 300                | -71       | 400   | 890.01     | 107.04           | 36.04     | 0.000200034                 |
| 53                 | -93       | 475   | 890.01     | 109.88           | 16.88     | 0.000001720                 |
| 304                | -67       | 475   | 890.01     | 109.88           | 42.88     | 0.000684611                 |
| 308                | -67       | 475   | 890.01     | 109.88           | 42.88     | 0.000684611                 |
| 276                | -58       | 480   | 890.01     | 110.05           | 52.05     | 0.005541528                 |
| 49                 | -94       | 480   | 890.01     | 110.05           | 16.05     | 0.000001392                 |
| 298                | -97       | 500   | 890.01     | 110.72           | 13.72     | 0.000000751                 |
| 301                | -75       | 500   | 890.01     | 110.72           | 35.72     | 0.000118998                 |
| 270                | -85       | 500   | 890.01     | 110.72           | 25.72     | 0.000011900                 |
| 306                | -69       | 500   | 890.01     | 110.72           | 41.72     | 0.000473741                 |
| 54                 | -73       | 515   | 890.01     | 111.21           | 38.21     | 0.000198906                 |
| 45                 | -59       | 550   | 890.01     | 112.30           | 53.30     | 0.005624036                 |
| 269                | -79       | 555   | 890.01     | 112.45           | 33.45     | 0.000057164                 |
| 277                | -61       | 590   | 890.01     | 113.46           | 52.46     | 0.004026511                 |
| 46                 | -67       | 600   | 890.01     | 113.73           | 46.73     | 0.001042480                 |
| 309                | -85       | 655   | 890.01     | 115.18           | 30.18     | 0.000019348                 |
| 299                | -89       | 660   | 890.01     | 115.31           | 26.31     | 0.000007809                 |
| 52                 | -89       | 690   | 890.01     | 116.04           | 27.04     | 0.000008459                 |
| 51                 | -90       | 700   | 890.01     | 116.28           | 26.28     | 0.000006896                 |
| 268                | -77       | 700   | 890.01     | 116.28           | 39.28     | 0.000137585                 |
| 267                | -76       | 710   | 890.01     | 116.51           | 40.51     | 0.000177689                 |
| 266                | -77       | 735   | 890.01     | 117.08           | 40.08     | 0.000150215                 |
| 305                | -65       | 745   | 890.01     | 117.31           | 52.31     | 0.002439364                 |
| 48                 | -93       | 1050  | 890.01     | 122.97           | 29.97     | 0.000007170                 |

## MEDICIONES TELEFÓNICA Centro de San Salvador

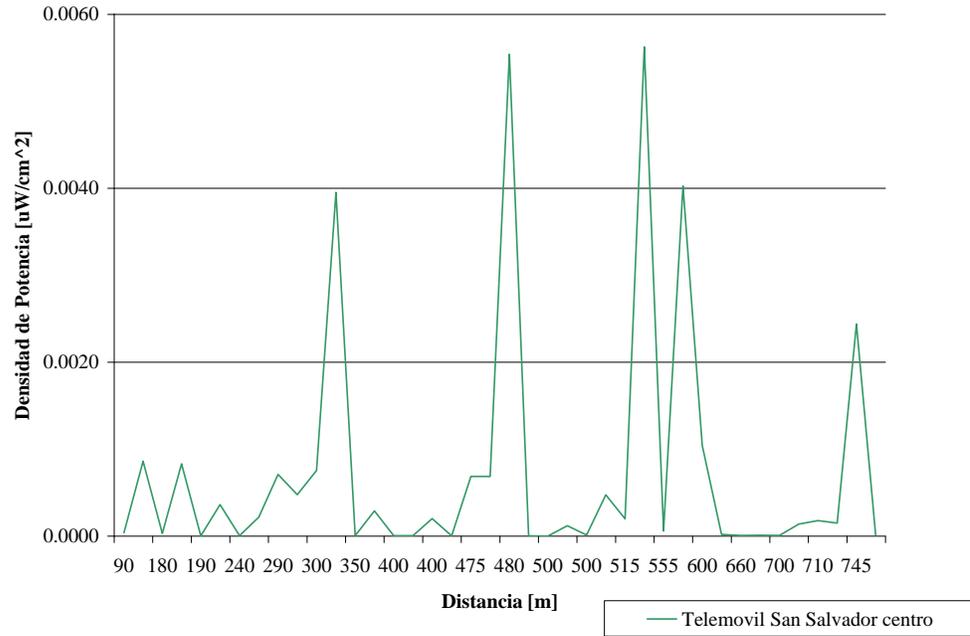
| Número de Medición | TELEFONICA |       | Frecuencia MHz. | Pérdidas de Propagación [db] | PIRE [db] | Densidad de Potencia uW/cm <sup>2</sup> |
|--------------------|------------|-------|-----------------|------------------------------|-----------|---|
|                    | int. de B  | Dist. |                 |                              |           |   |
| 302                | -54        | 90    | 891.75          | 82.14                        | 28.14     | 0.000640994                             |
| 274                | -60        | 150   | 891.75          | 90.57                        | 30.57     | 0.000403814                             |
| 306                | -53        | 175   | 891.75          | 93.12                        | 40.12     | 0.002671074                             |
| 300                | -66        | 175   | 891.75          | 93.12                        | 27.12     | 0.000133871                             |
| 49                 | -69        | 200   | 891.75          | 95.32                        | 26.32     | 0.000085324                             |
| 311                | -78        | 200   | 891.75          | 95.32                        | 17.32     | 0.000010742                             |
| 273                | -53        | 205   | 891.75          | 95.73                        | 42.73     | 0.003551194                             |
| 312                | -59        | 220   | 891.75          | 96.89                        | 37.89     | 0.001012927                             |
| 50                 | -72        | 310   | 891.75          | 102.55                       | 30.55     | 0.000094117                             |
| 303                | -63        | 350   | 891.75          | 104.56                       | 41.56     | 0.000930122                             |
| 314                | -57        | 355   | 891.75          | 104.79                       | 47.79     | 0.003798643                             |
| 48                 | -53        | 360   | 891.75          | 105.02                       | 52.02     | 0.009785025                             |
| 272                | -64        | 380   | 891.75          | 105.91                       | 41.91     | 0.000856698                             |
| 310                | -75        | 380   | 891.75          | 105.91                       | 30.91     | 0.000068050                             |
| 275                | -78        | 395   | 891.75          | 106.55                       | 28.55     | 0.000036567                             |
| 313                | -70        | 405   | 891.75          | 106.97                       | 36.97     | 0.000241344                             |
| 54                 | -79        | 440   | 891.75          | 108.33                       | 29.33     | 0.000035272                             |
| 305                | -69        | 440   | 891.75          | 108.33                       | 39.33     | 0.000352722                             |
| 51                 | -85        | 450   | 891.75          | 108.70                       | 23.70     | 0.000009226                             |
| 301                | -57        | 500   | 891.75          | 110.44                       | 53.44     | 0.007036609                             |
| 299                | -66        | 525   | 891.75          | 111.25                       | 45.25     | 0.000967173                             |
| 276                | -71        | 530   | 891.75          | 111.40                       | 40.40     | 0.000311110                             |
| 271                | -65        | 540   | 891.75          | 111.71                       | 46.71     | 0.001280932                             |
| 277                | -77        | 595   | 891.75          | 113.31                       | 36.31     | 0.000096238                             |
| 307                | -70        | 600   | 891.75          | 113.45                       | 43.45     | 0.000489654                             |
| 269                | -76        | 605   | 891.75          | 113.59                       | 37.59     | 0.000124847                             |
| 270                | -67        | 610   | 891.75          | 113.72                       | 46.72     | 0.001006494                             |
| 46                 | -68        | 620   | 891.75          | 113.99                       | 45.99     | 0.000823232                             |
| 304                | -69        | 640   | 891.75          | 114.52                       | 45.52     | 0.000692375                             |
| 47                 | -75        | 645   | 891.75          | 114.65                       | 39.65     | 0.000176370                             |
| 53                 | -85        | 645   | 891.75          | 114.65                       | 29.65     | 0.000017637                             |
| 309                | -71        | 650   | 891.75          | 114.77                       | 43.77     | 0.000449222                             |
| 54                 | -83        | 650   | 891.75          | 114.77                       | 31.77     | 0.000028344                             |
| 52                 | -87        | 710   | 891.75          | 116.23                       | 29.23     | 0.000013228                             |
| 298                | -58        | 715   | 891.75          | 116.35                       | 58.35     | 0.010640653                             |
| 308                | -73        | 725   | 891.75          | 116.57                       | 43.57     | 0.000345005                             |
| 268                | -74        | 775   | 891.75          | 117.68                       | 43.68     | 0.000309001                             |
| 297                | -59        | 850   | 891.75          | 119.20                       | 60.20     | 0.011539088                             |
| 266                | -73        | 850   | 891.75          | 119.20                       | 46.20     | 0.000459379                             |
| 267                | -60        | 890   | 891.75          | 119.96                       | 59.96     | 0.009956792                             |

### MEDICIONES DIGICEL Centro de San Salvador

| Número de Medición | DIGICEL   |       | Frecuencia MHz. | Pérdidas de Propagación [db] | PIRE [db] | Densidad de Potencia uW/cm <sup>2</sup> |
|--------------------|-----------|-------|-----------------|------------------------------|-----------|---|
|                    | int. de B | Dist. |                 |                              |           |   |
| 304                | -71       | 70    | 959.8           | 79.13                        | 8.13      | 0.000010568                             |
| 312                | -80       | 185   | 959.8           | 95.17                        | 15.17     | 0.000007651                             |
| 49                 | -48       | 205   | 959.8           | 96.86                        | 48.86     | 0.014586779                             |
| 313                | -89       | 215   | 959.8           | 97.65                        | 8.65      | 0.000001262                             |
| 50                 | -57       | 300   | 959.8           | 103.15                       | 46.15     | 0.003644355                             |
| 51                 | -59       | 310   | 959.8           | 103.69                       | 44.69     | 0.002439234                             |
| 301                | -91       | 310   | 959.8           | 103.69                       | 12.69     | 0.000001539                             |
| 314                | -89       | 310   | 959.8           | 103.69                       | 14.69     | 0.000002439                             |
| 305                | -75       | 330   | 959.8           | 104.72                       | 29.72     | 0.000068569                             |
| 308                | -58       | 390   | 959.8           | 107.48                       | 49.48     | 0.004642145                             |
| 311                | -90       | 390   | 959.8           | 107.48                       | 17.48     | 0.000002929                             |
| 307                | -61       | 400   | 959.8           | 107.90                       | 46.90     | 0.002435064                             |
| 309                | -56       | 410   | 959.8           | 108.30                       | 52.30     | 0.008050325                             |
| 48                 | -70       | 475   | 959.8           | 110.73                       | 40.73     | 0.000417687                             |
| 306                | -69       | 495   | 959.8           | 111.41                       | 42.41     | 0.000566359                             |
| 271                | -67       | 500   | 959.8           | 111.58                       | 44.58     | 0.000914005                             |
| 302                | -73       | 535   | 959.8           | 112.70                       | 39.70     | 0.000259322                             |
| 310                | -95       | 560   | 959.8           | 113.45                       | 18.45     | 0.000001776                             |
| 300                | -89       | 580   | 959.8           | 114.03                       | 25.03     | 0.000007533                             |
| 303                | -79       | 590   | 959.8           | 114.31                       | 35.31     | 0.000077685                             |
| 46                 | -81       | 595   | 959.8           | 114.45                       | 33.45     | 0.000049766                             |
| 266                | -82       | 660   | 959.8           | 116.16                       | 34.16     | 0.000047641                             |
| 267                | -65       | 700   | 959.8           | 117.13                       | 52.13     | 0.002654477                             |
| 277                | -67       | 740   | 959.8           | 118.05                       | 51.05     | 0.001851056                             |
| 299                | -85       | 745   | 959.8           | 118.16                       | 33.16     | 0.000029695                             |
| 273                | -73       | 745   | 959.8           | 118.16                       | 45.16     | 0.000470634                             |
| 45                 | -71       | 750   | 959.8           | 118.27                       | 47.27     | 0.000754940                             |
| 274                | -57       | 750   | 959.8           | 118.27                       | 61.27     | 0.018963248                             |
| 297                | -86       | 770   | 959.8           | 118.70                       | 32.70     | 0.000025031                             |
| 54                 | -83       | 780   | 959.8           | 118.92                       | 35.92     | 0.000051118                             |
| 53                 | -82       | 790   | 959.8           | 119.13                       | 37.13     | 0.000065846                             |
| 47                 | -83       | 790   | 959.8           | 119.13                       | 36.13     | 0.000052304                             |
| 298                | -79       | 830   | 959.8           | 119.94                       | 40.94     | 0.000143596                             |
| 272                | -57       | 850   | 959.8           | 120.34                       | 63.34     | 0.023755081                             |
| 270                | -59       | 875   | 959.8           | 120.81                       | 61.81     | 0.015791266                             |
| 52                 | -76       | 900   | 959.8           | 121.28                       | 45.28     | 0.000331466                             |
| 269                | -69       | 960   | 959.8           | 122.34                       | 53.34     | 0.001865910                             |
| 276                | -76       | 965   | 959.8           | 122.43                       | 46.43     | 0.000375796                             |
| 275                | -74       | 970   | 959.8           | 122.52                       | 48.52     | 0.000601162                             |
| 268                | -69       | 980   | 959.8           | 122.68                       | 53.68     | 0.001936464                             |

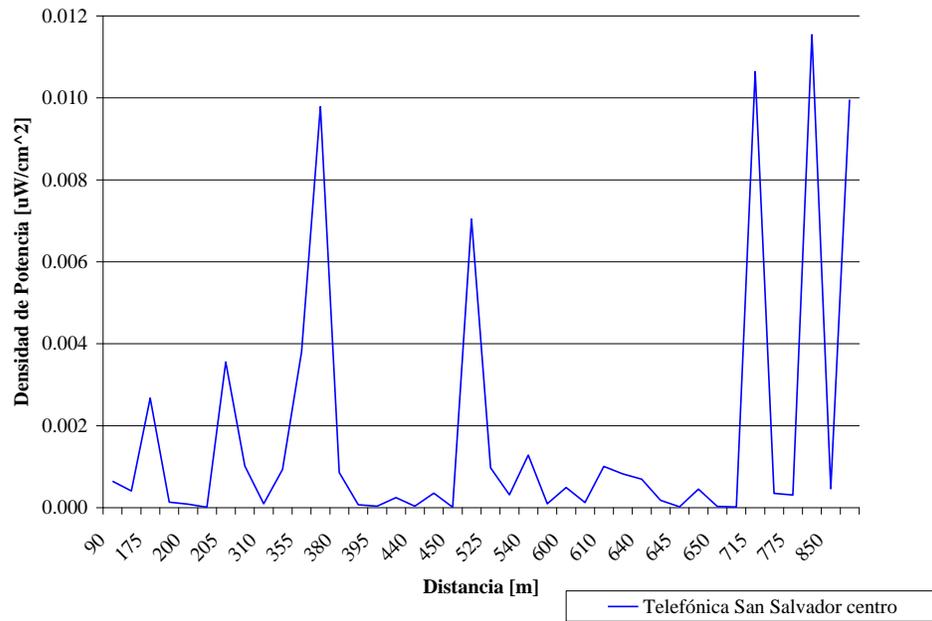
**Grafico 29**

**Densidad de Potencia vrs Distancia**

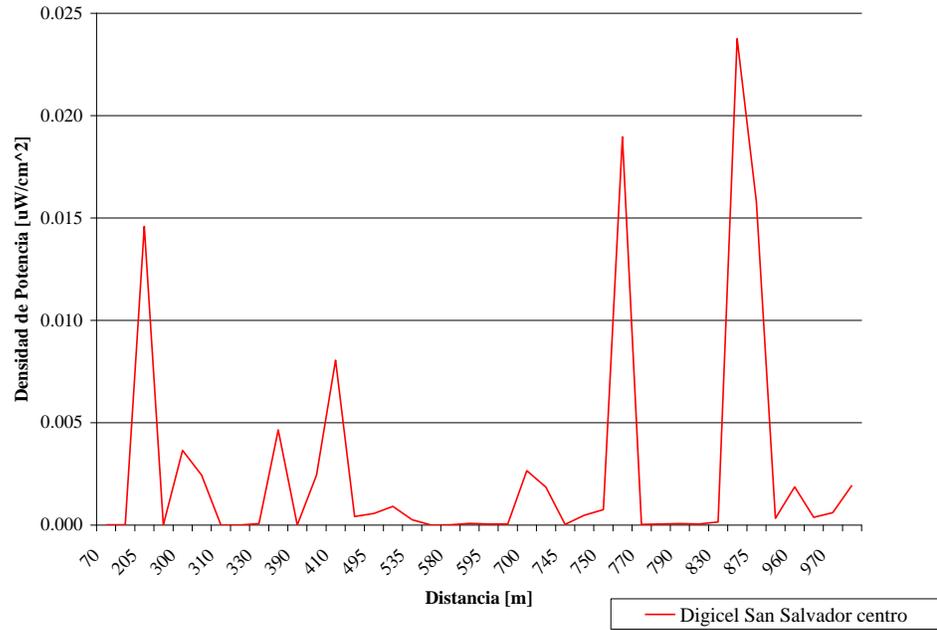


**Grafico 30**

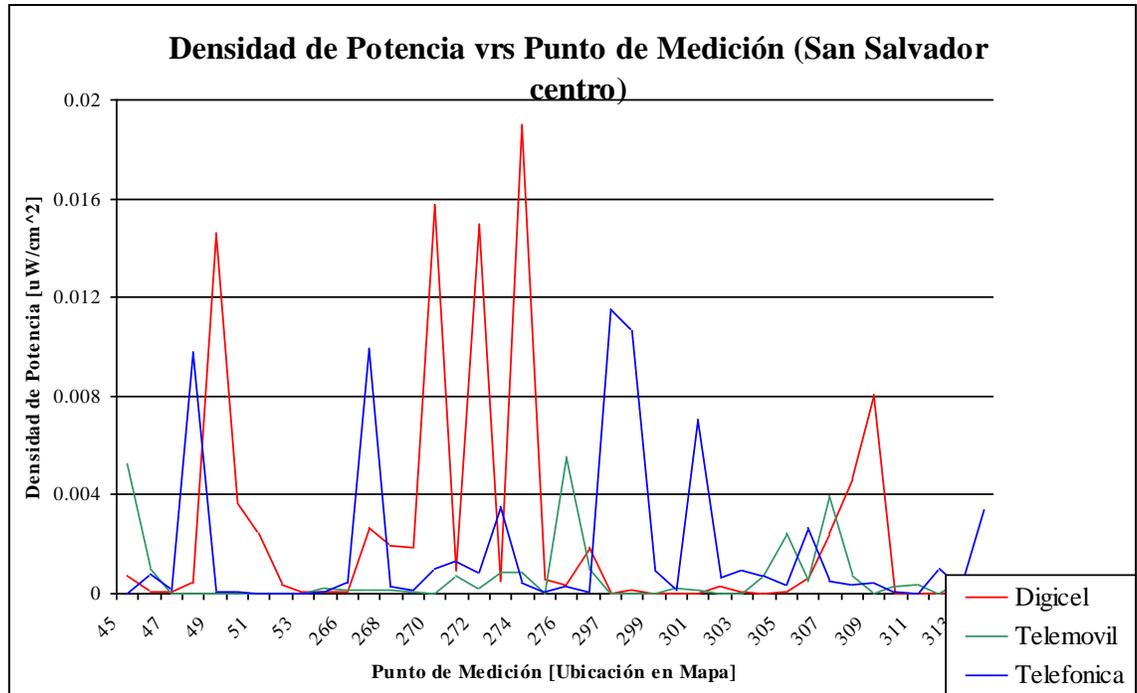
**Densidad de Potencia vrs Distancia**



**Grafico 31**  
**Densidad de Potencia vsr Distancia**



**Grafico 32**



### MEDICIONES TELEMOVIL Antiguo C. – Autopista Sur

| Número de Medición | TELEMOVIL |       | Frecuencia MHz. | Pérdidas de Propagación [db] | PIRE [db] | Densidad de Potencia uW/cm <sup>2</sup> |
|--------------------|-----------|-------|-----------------|------------------------------|-----------|---|
|                    | int. de B | Dist. |                 |                              |           |   |
| 15                 | -93       | 150   | 890.01          | 90.54                        | -2.46     | 0.000000201                             |
| 21                 | -63       | 185   | 890.01          | 94.32                        | 31.32     | 0.000314996                             |
| 407                | -73       | 265   | 890.01          | 100.25                       | 27.25     | 0.000060150                             |
| 13                 | -91       | 285   | 890.01          | 101.45                       | 10.45     | 0.000001087                             |
| 22                 | -67       | 295   | 890.01          | 102.02                       | 35.02     | 0.000290452                             |
| 409                | -69       | 300   | 890.01          | 102.29                       | 33.29     | 0.000188892                             |
| 83                 | -67       | 300   | 890.01          | 102.29                       | 35.29     | 0.000299374                             |
| 408                | -67       | 335   | 890.01          | 104.12                       | 37.12     | 0.000365154                             |
| 24                 | -71       | 350   | 890.01          | 104.84                       | 33.84     | 0.000157296                             |
| 8                  | -87       | 360   | 890.01          | 105.30                       | 18.30     | 0.000004157                             |
| 12                 | -65       | 380   | 890.01          | 106.20                       | 41.20     | 0.000726116                             |
| 400                | -65       | 405   | 890.01          | 107.25                       | 42.25     | 0.000814356                             |
| 23                 | -99       | 460   | 890.01          | 109.35                       | 10.35     | 0.000000408                             |
| 14                 | -89       | 475   | 890.01          | 109.88                       | 20.88     | 0.000004320                             |
| 414                | -68       | 495   | 890.01          | 110.56                       | 42.56     | 0.000585713                             |
| 9                  | -97       | 500   | 890.01          | 110.72                       | 13.72     | 0.000000751                             |
| 42                 | -69       | 500   | 890.01          | 110.72                       | 41.72     | 0.000473741                             |
| 41                 | -83       | 540   | 890.01          | 111.99                       | 28.99     | 0.000021662                             |
| 404                | -67       | 540   | 890.01          | 111.99                       | 44.99     | 0.000862391                             |
| 413                | -67       | 540   | 890.01          | 111.99                       | 44.99     | 0.000862391                             |
| 18                 | -71       | 550   | 890.01          | 112.30                       | 41.30     | 0.000354853                             |
| 412                | -74       | 550   | 890.01          | 112.30                       | 38.30     | 0.000177848                             |
| 403                | -97       | 600   | 890.01          | 113.73                       | 16.73     | 0.000001042                             |
| 406                | -75       | 605   | 890.01          | 113.87                       | 38.87     | 0.000167708                             |
| 411                | -76       | 615   | 890.01          | 114.14                       | 38.14     | 0.000137205                             |
| 40                 | -87       | 670   | 890.01          | 115.55                       | 28.55     | 0.000012715                             |
| 16                 | -79       | 675   | 890.01          | 115.68                       | 36.68     | 0.000081310                             |
| 401                | -77       | 675   | 890.01          | 115.68                       | 38.68     | 0.000128867                             |
| 398                | -73       | 680   | 890.01          | 115.80                       | 42.80     | 0.000328028                             |
| 7                  | -79       | 705   | 890.01          | 116.40                       | 37.40     | 0.000087930                             |
| 11                 | -70       | 725   | 890.01          | 116.86                       | 46.86     | 0.000734520                             |
| 17                 | -68       | 760   | 890.01          | 117.63                       | 49.63     | 0.001267243                             |
| 410                | -80       | 760   | 890.01          | 117.63                       | 37.63     | 0.000079958                             |
| 399                | -82       | 785   | 890.01          | 118.17                       | 36.17     | 0.000053476                             |
| 19                 | -73       | 835   | 890.01          | 119.19                       | 46.19     | 0.000474713                             |
| 20                 | -75       | 890   | 890.01          | 120.24                       | 45.24     | 0.000335968                             |
| 405                | -76       | 900   | 890.01          | 120.43                       | 44.43     | 0.000272290                             |
| 10                 | -91       | 1080  | 890.01          | 123.43                       | 32.43     | 0.000011955                             |

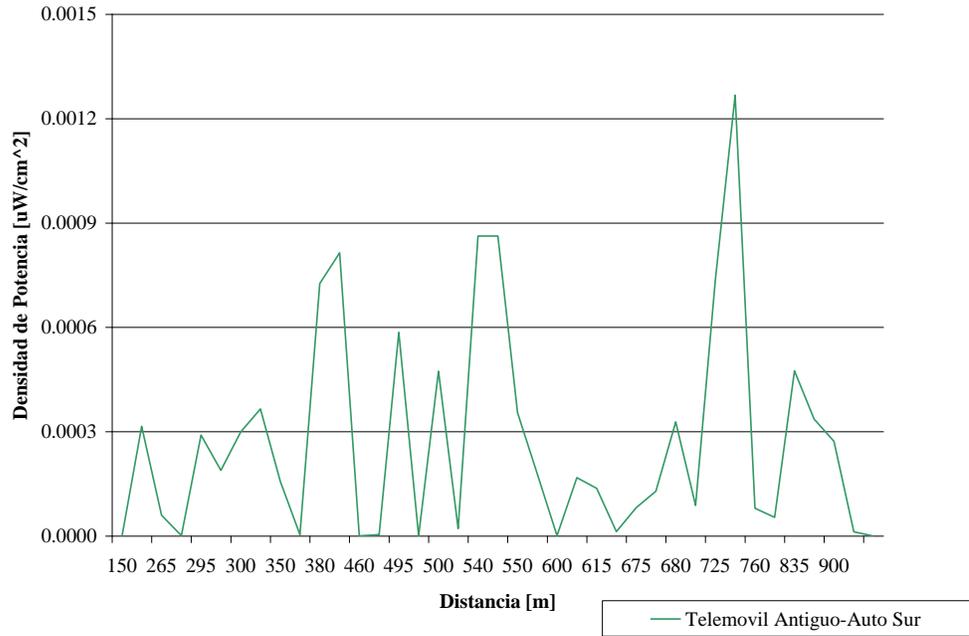
### MEDICIONES TELEFÓNICA Antiguo C. – Autopista Sur

| Número de Medición | TELEFONICA |       | Frecuencia MHz. | Pérdidas de Propagación [db] | PIRE [db] | Densidad de Potencia uW/cm <sup>2</sup> |
|--------------------|------------|-------|-----------------|------------------------------|-----------|---|
|                    | int. de B  | Dist. |                 |                              |           |   |
| 414                | -62        | 110   | 891.75          | 85.45                        | 23.45     | 0.000145789                             |
| 22                 | -65        | 135   | 891.75          | 88.83                        | 23.83     | 0.000105638                             |
| 21                 | -74        | 150   | 891.75          | 90.57                        | 16.57     | 0.000016076                             |
| 13                 | -69        | 180   | 891.75          | 93.58                        | 24.58     | 0.000070584                             |
| 12                 | -84        | 220   | 891.75          | 96.89                        | 12.89     | 0.000003203                             |
| 399                | -75        | 225   | 891.75          | 97.27                        | 22.27     | 0.000026494                             |
| 410                | -77        | 240   | 891.75          | 98.33                        | 21.33     | 0.000018776                             |
| 13                 | -69        | 330   | 891.75          | 103.59                       | 34.59     | 0.000210156                             |
| 413                | -71        | 360   | 891.75          | 105.02                       | 34.02     | 0.000155082                             |
| 403                | -67        | 400   | 891.75          | 106.76                       | 39.76     | 0.000470896                             |
| 412                | -65        | 400   | 891.75          | 106.76                       | 41.76     | 0.000746321                             |
| 401                | -63        | 440   | 891.75          | 108.33                       | 45.33     | 0.001404211                             |
| 405                | -75        | 490   | 891.75          | 110.11                       | 35.11     | 0.000107540                             |
| 400                | -66        | 500   | 891.75          | 110.44                       | 44.44     | 0.000885857                             |
| 42                 | -82        | 520   | 891.75          | 111.09                       | 29.09     | 0.000023879                             |
| 14                 | -68        | 540   | 891.75          | 111.71                       | 43.71     | 0.000641987                             |
| 407                | -70        | 585   | 891.75          | 113.03                       | 43.03     | 0.000467841                             |
| 404                | -72        | 590   | 891.75          | 113.17                       | 41.17     | 0.000299744                             |
| 23                 | -81        | 600   | 891.75          | 113.45                       | 32.45     | 0.000038895                             |
| 83                 | -80        | 605   | 891.75          | 113.59                       | 33.59     | 0.000049702                             |
| 411                | -82        | 605   | 891.75          | 113.59                       | 31.59     | 0.000031360                             |
| 398                | -79        | 640   | 891.75          | 114.52                       | 35.52     | 0.000069237                             |
| 41                 | -83        | 650   | 891.75          | 114.77                       | 31.77     | 0.000028344                             |
| 406                | -80        | 700   | 891.75          | 116.00                       | 36.00     | 0.000064624                             |
| 24                 | -69        | 825   | 891.75          | 118.71                       | 49.71     | 0.001093540                             |
| 18                 | -89        | 860   | 891.75          | 119.39                       | 30.39     | 0.000011785                             |
| 11                 | -82        | 900   | 891.75          | 120.14                       | 38.14     | 0.000064099                             |
| 16                 | -93        | 995   | 891.75          | 121.80                       | 28.80     | 0.000006100                             |
| 408                | -87        | 1000  | 891.75          | 121.88                       | 34.88     | 0.000024503                             |
| 409                | -74        | 1050  | 891.75          | 122.69                       | 48.69     | 0.000533775                             |
| 17                 | -69        | 1075  | 891.75          | 123.08                       | 54.08     | 0.001760973                             |
| 19                 | -82        | 1135  | 891.75          | 123.97                       | 41.97     | 0.000097322                             |
| 20                 | -96        | 1165  | 891.75          | 124.40                       | 28.40     | 0.000004061                             |
| 40                 | -71        | 1185  | 891.75          | 124.68                       | 53.68     | 0.001324068                             |
| 10                 | -94        | 1265  | 891.75          | 125.76                       | 31.76     | 0.000007464                             |
| 9                  | -91        | 1275  | 891.75          | 125.89                       | 34.89     | 0.000015106                             |
| 7                  | -86        | 1425  | 891.75          | 127.73                       | 41.73     | 0.000058356                             |
| 8                  | -93        | 1430  | 891.75          | 127.78                       | 34.78     | 0.000011717                             |

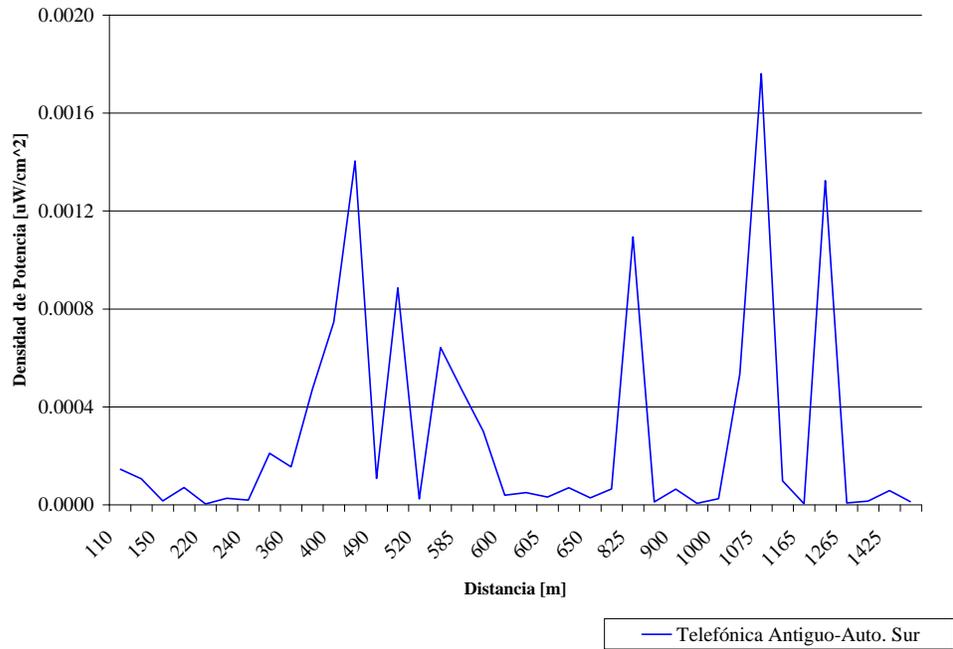
### MEDICIONES DIGICEL Antiguo C. – Autopista Sur

| Número de Medición | DIGICEL   |       | Frecuencia MHz. | Pérdidas de Propagación [db] | PIRE [db] | Densidad de Potencia uW/cm <sup>2</sup> |
|--------------------|-----------|-------|-----------------|------------------------------|-----------|---|
|                    | int. de B | Dist. |                 |                              |           |   |
| 24                 | -79       | 200   | 959.8           | 96.46                        | 17.46     | 0.000011083                             |
| 398                | -63       | 200   | 959.8           | 96.46                        | 33.46     | 0.000441221                             |
| 41                 | -63       | 225   | 959.8           | 98.40                        | 35.40     | 0.000545420                             |
| 14                 | -66       | 235   | 959.8           | 99.12                        | 33.12     | 0.000295614                             |
| 403                | -63       | 390   | 959.8           | 107.48                       | 44.48     | 0.001467975                             |
| 15                 | -62       | 440   | 959.8           | 109.47                       | 47.47     | 0.002296240                             |
| 407                | -73       | 495   | 959.8           | 111.41                       | 38.41     | 0.000225472                             |
| 404                | -70       | 500   | 959.8           | 111.58                       | 41.58     | 0.000458088                             |
| 408                | -69       | 500   | 959.8           | 111.58                       | 42.58     | 0.000576698                             |
| 409                | -63       | 515   | 959.8           | 112.07                       | 49.07     | 0.002421338                             |
| 13                 | -67       | 520   | 959.8           | 112.23                       | 45.23     | 0.000980863                             |
| 410                | -57       | 535   | 959.8           | 112.70                       | 55.70     | 0.010323792                             |
| 42                 | -73       | 580   | 959.8           | 114.03                       | 41.03     | 0.000299897                             |
| 401                | -59       | 600   | 959.8           | 114.59                       | 55.59     | 0.008007090                             |
| 21                 | -61       | 620   | 959.8           | 115.13                       | 54.13     | 0.005359293                             |
| 413                | -60       | 650   | 959.8           | 115.91                       | 55.91     | 0.007345925                             |
| 83                 | -58       | 675   | 959.8           | 116.53                       | 58.53     | 0.012460895                             |
| 400                | -59       | 750   | 959.8           | 118.27                       | 59.27     | 0.011965000                             |
| 22                 | -71       | 750   | 959.8           | 118.27                       | 47.27     | 0.000754940                             |
| 399                | -61       | 750   | 959.8           | 118.27                       | 57.27     | 0.007549405                             |
| 414                | -63       | 795   | 959.8           | 119.23                       | 56.23     | 0.005290093                             |
| 16                 | -82       | 800   | 959.8           | 119.34                       | 37.34     | 0.000067354                             |
| 18                 | -83       | 820   | 959.8           | 119.74                       | 36.74     | 0.000055933                             |
| 412                | -65       | 860   | 959.8           | 120.53                       | 55.53     | 0.003845029                             |
| 12                 | -62       | 875   | 959.8           | 120.81                       | 58.81     | 0.007914381                             |
| 405                | -69       | 885   | 959.8           | 121.00                       | 52.00     | 0.001611760                             |
| 23                 | -94       | 890   | 959.8           | 121.09                       | 27.09     | 0.000005149                             |
| 17                 | -61       | 915   | 959.8           | 121.55                       | 60.55     | 0.010798425                             |
| 8                  | -77       | 985   | 959.8           | 122.77                       | 45.77     | 0.000309733                             |
| 40                 | -86       | 1010  | 959.8           | 123.18                       | 37.18     | 0.000040793                             |
| 19                 | -81       | 1050  | 959.8           | 123.82                       | 42.82     | 0.000138339                             |
| 9                  | -80       | 1050  | 959.8           | 123.82                       | 43.82     | 0.000174158                             |
| 406                | -62       | 1090  | 959.8           | 124.44                       | 62.44     | 0.011753579                             |
| 411                | -64       | 1100  | 959.8           | 124.59                       | 60.59     | 0.007538922                             |
| 20                 | -74       | 1165  | 959.8           | 125.54                       | 51.54     | 0.000835967                             |
| 7                  | -89       | 1200  | 959.8           | 126.03                       | 37.03     | 0.000027882                             |
| 11                 | -85       | 1365  | 959.8           | 128.15                       | 43.15     | 0.000088316                             |
| 10                 | -89       | 1460  | 959.8           | 129.26                       | 40.26     | 0.000039686                             |

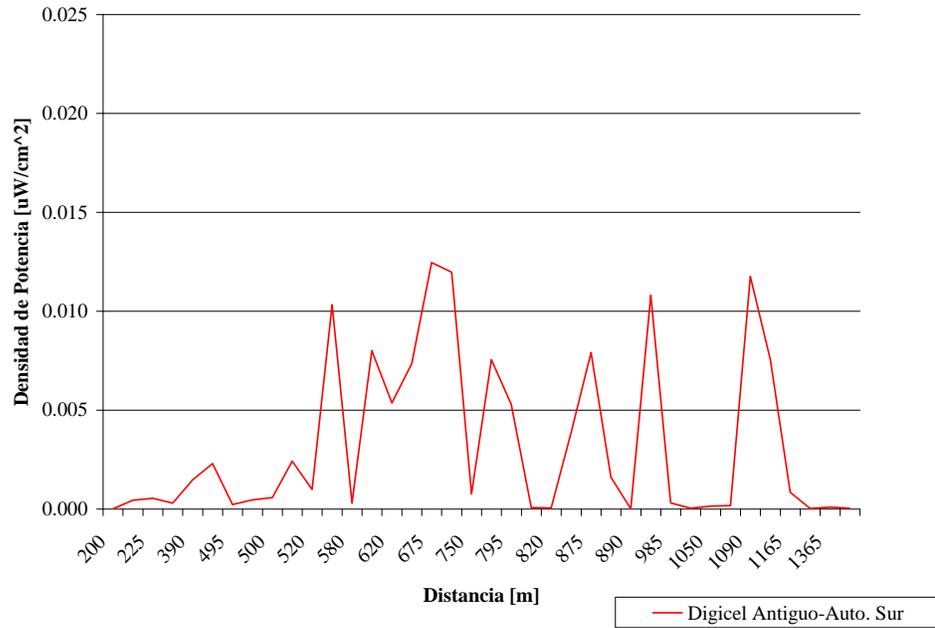
**Grafico 33**  
**Densidad de Potencia vrs Distancia**



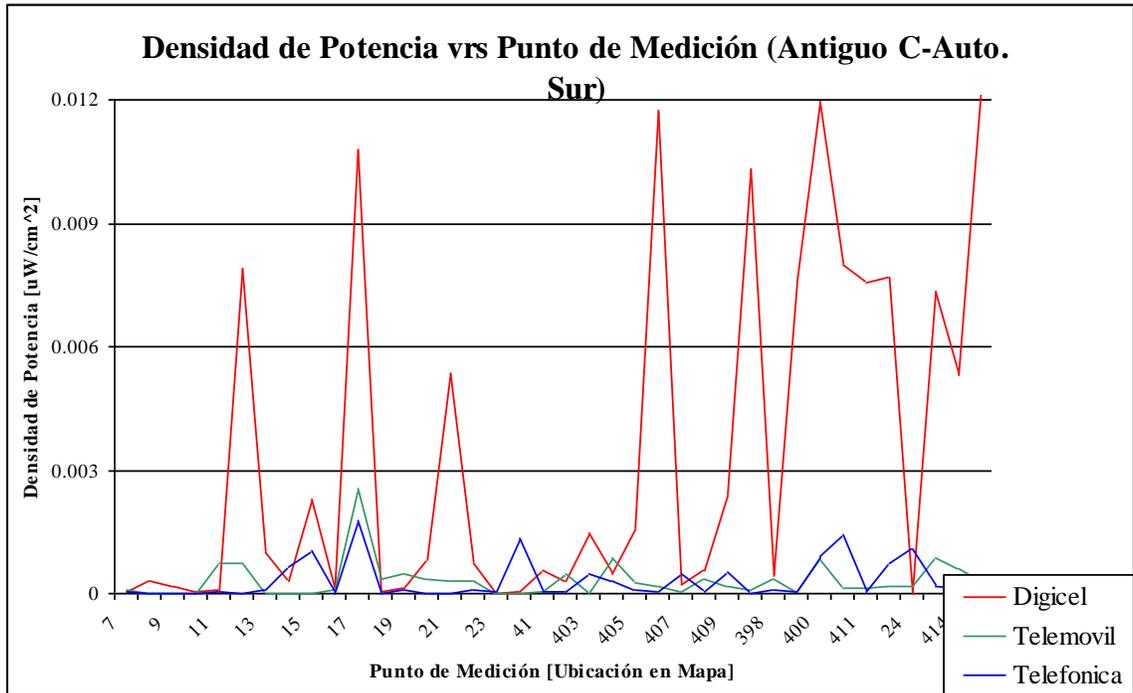
**Grafico 34**  
**Densidad de Potencia vrs Distancia**



**Grafico 35**  
**Densidad de Potencia vrs Distancia**



**Grafico 36**



## **Mapa radioeléctrico de los niveles de densidad de potencia medidos**

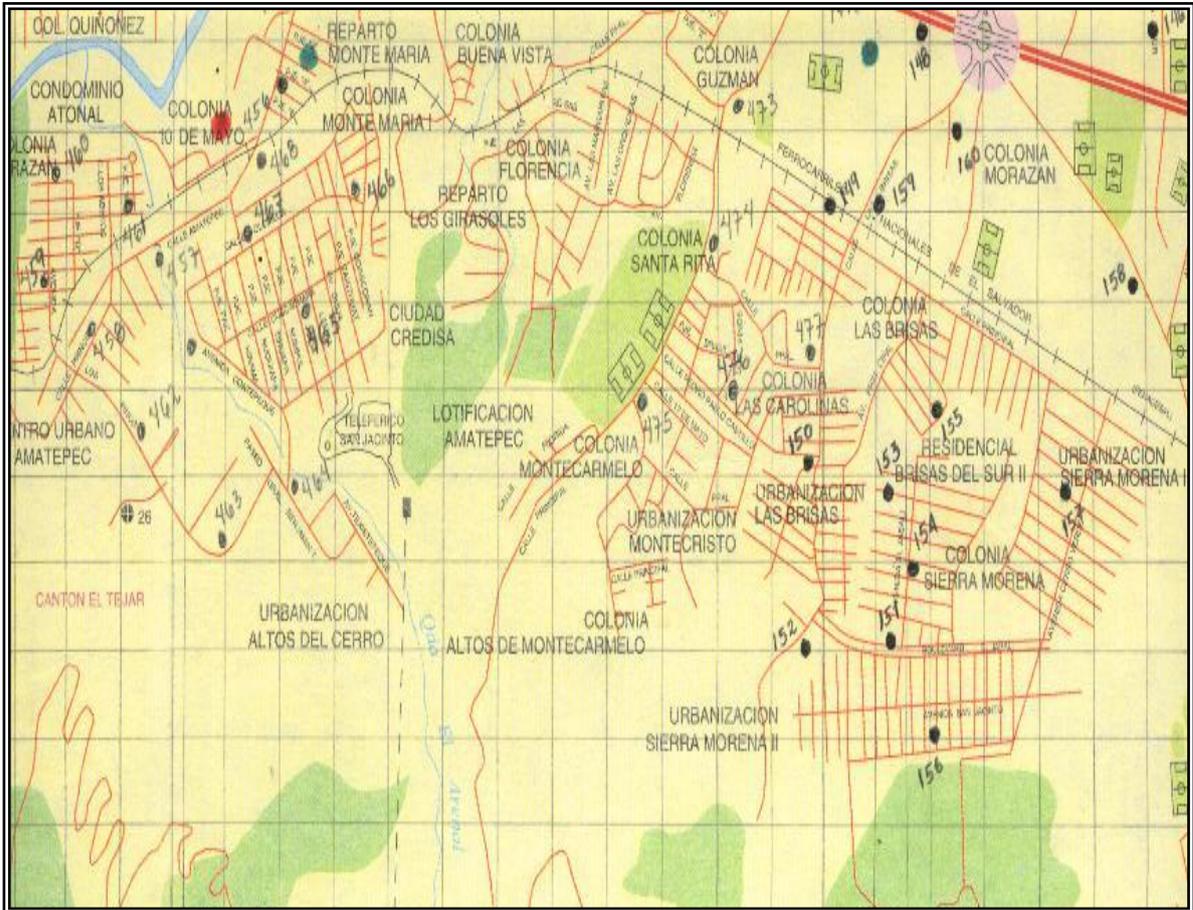


FIGURA 2 Localización de mediciones

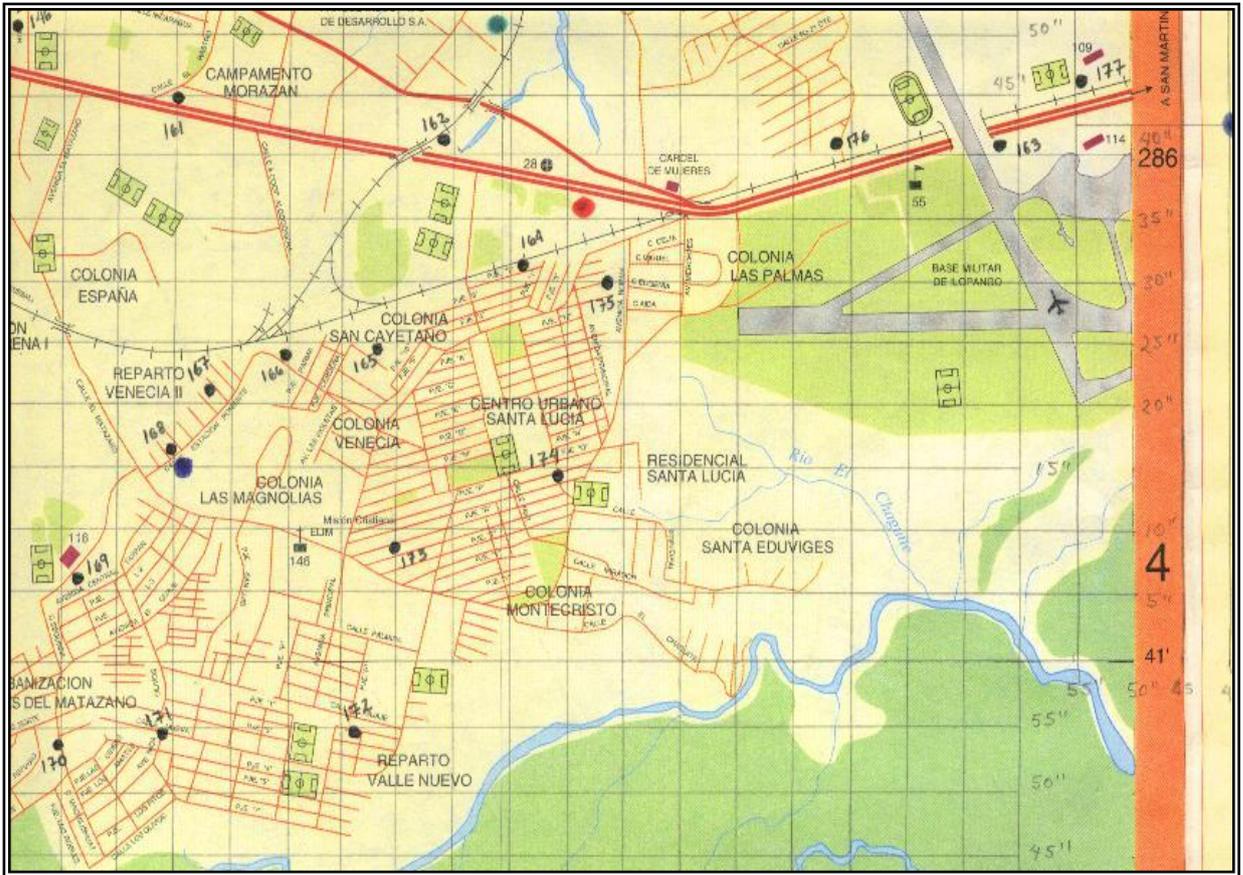




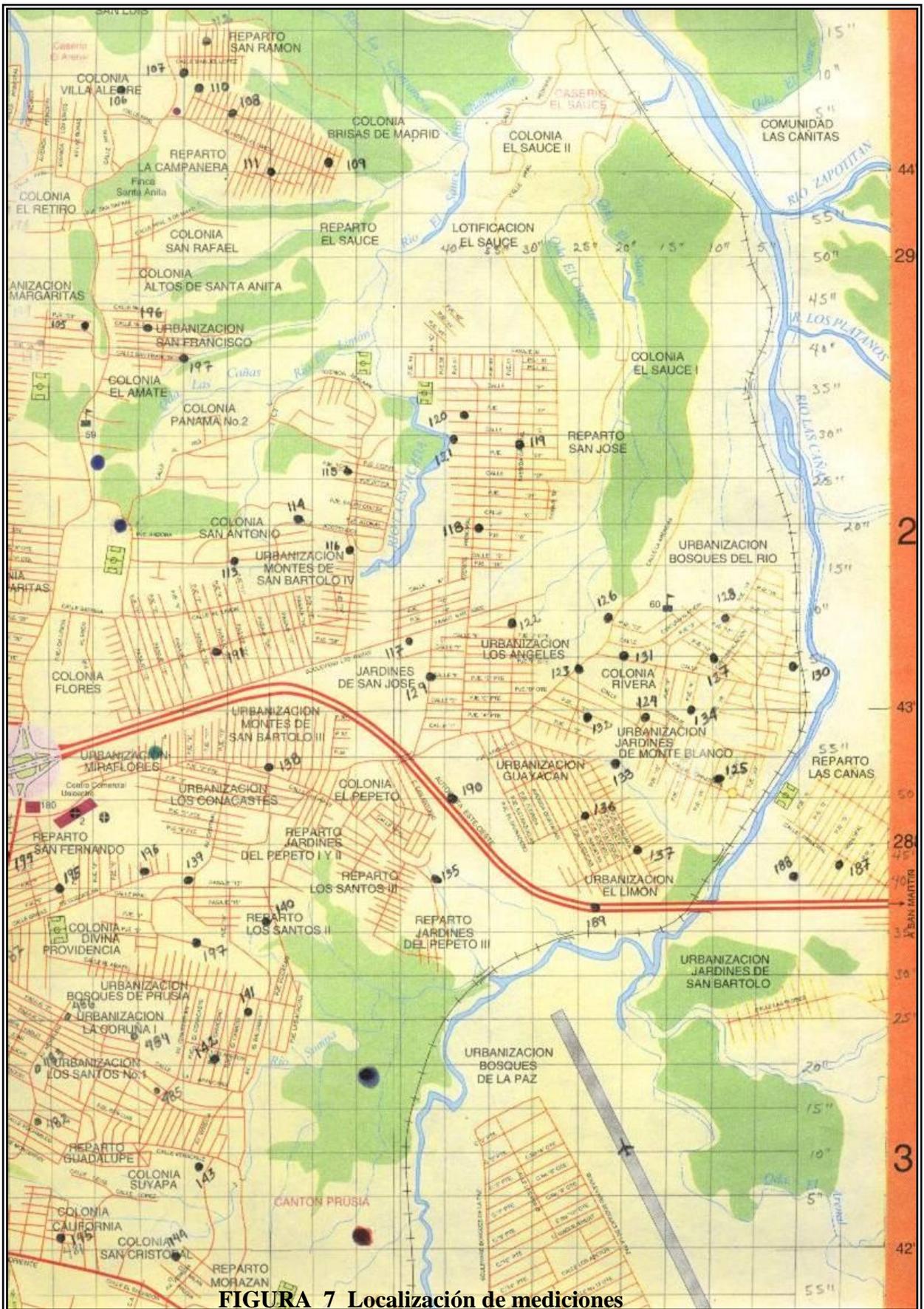
**FIGURA 4 Localización de mediciones**



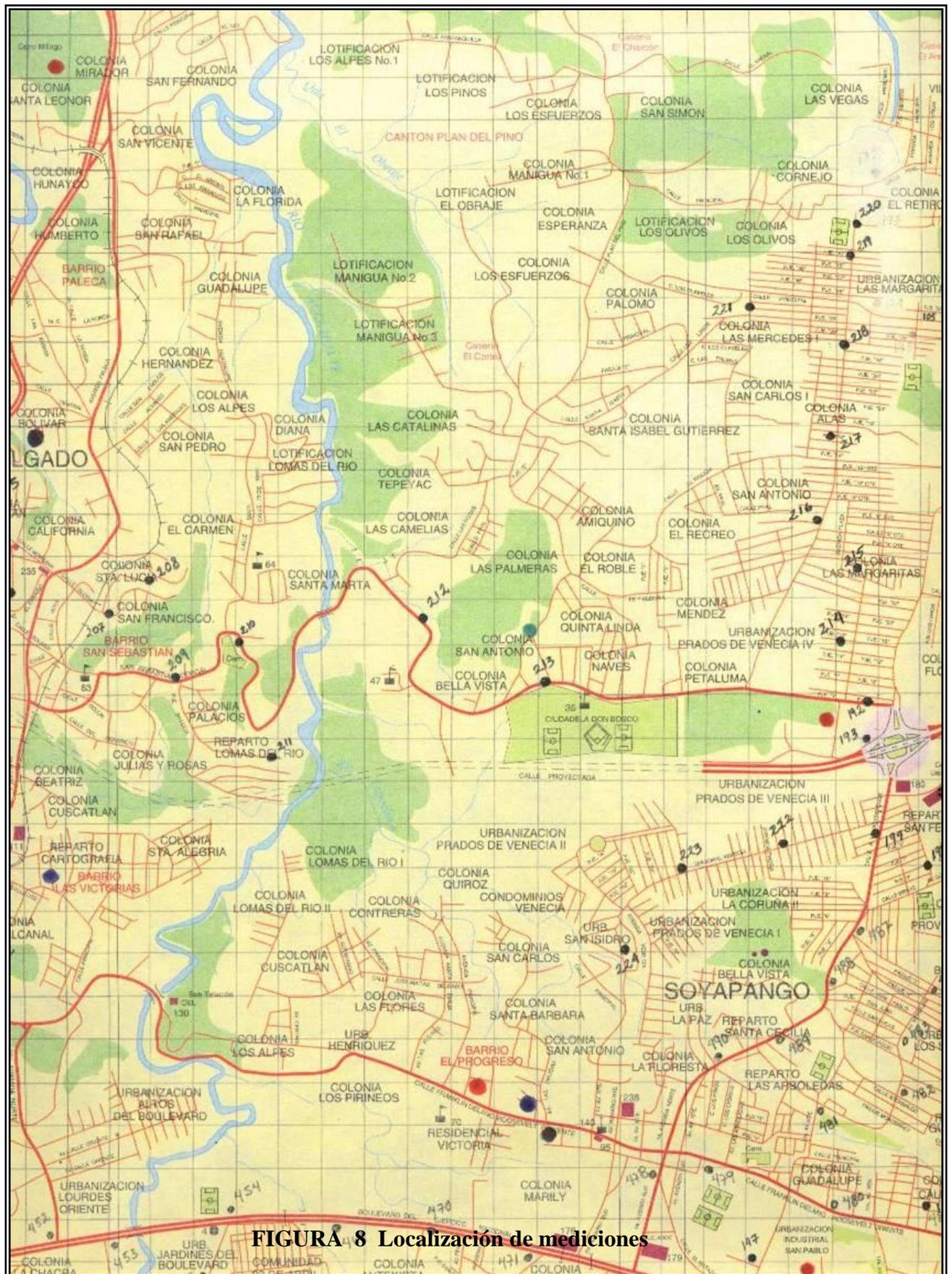
**FIGURA 5 Localización de mediciones**



**FIGURA 6 Localización de mediciones**



**FIGURA 7** Localización de mediciones



**FIGURA 8** Localización de mediciones



FIGURA 9 Localización de mediciones



## **Ubicación de Estaciones base**

**TABLA 14 ESTACIONES BASE TELEMÓVIL**

| RBS | LUGAR                      | TIPO | DIRECCION   |
|-----|----------------------------|------|---|
| 1   | ACAJUTLA                   | 884  | CTDO. NORESTE DE LA CALLE EL ALMENDRO, COOP. STA. AGUEDA DE R.L., JURISDICCIÓN DE ACAJUTLA, DEPTO. DE SONSONATE |
| 2   | AGUILARES                  |      | PJE. E N. 40 COL. STA. EUGENIA AGUILARES  |
| 3   | AHUACHAPAN                 | 882  | LOTIF. SANTA MARIA LOTES 15 Y 16 POLIG. B JURISDICCION AHUACHAPAN   |
| 4   | AMATILLO                   |      | COSTADO PTE. DE LA CARRETERA PANAMERICANA PASAQUINA DEPTO. DE UNIÓN   |
| 5   | APOPA                      | 884  | COSTADO PTE. DE 49 AV., APOPA S.S.  |
| 6   | ARMENIA                    |      | COL. DIVINA PROVIDENCIA JURISDICCIÓN DE ARMENIA   |
| 7   | ATIQUISAYA                 |      | AHUACHAPAN  |
| 8   | BANAFI                     | 882  | 1A. CALLE PTE. BODEGA DE BANAFI   |
| 9   | BEETHOVEN                  | 884  | "73 AV. SUR CALLE NUEVA NO.2 LOTES 4-A BLOCK ""B"", 3A ETAPA ZONA 11, COL. ESCALON"                             |
| 10  | BERLIN                     |      | CANTÓN SAN FCO. JURISDICCIÓN BERLIN FINCA LA MARTINA USULUTÁN   |
| 11  | BERMEJA                    | 884  | 25 AV. SUR Y BLVD. VENEZUELA NO.1410, SAN SALVADOR  |
| 12  | BETHANIA                   | 882  | 15AV. SUR 8º Y 10º CALLE ORIENTE CASA # 29-D RESIDENCIAL BETHANIA STA. TECLA                                    |
| 13  | BLVD. EL EJERCITO          | 882  | BLVD. EL EJERCITO CONTIGUO A PAN LIDO KM 4.5, SOYAPANGO   |
| 14  | BOOSTER COJUTEPEQUE        |      | BARRIO SAN JOSÉ DE LA CIUDAD DE COJUTEPEQUE   |
| 15  | BOOSTER COOP. LOS PINOS    |      | COSTADO NTE. CERRO VERDE CTON. MONTE BELLO JURISDICCION EL CONGO SANTA ANA                                      |
| 16  | BOOSTER EL PLAYON          |      | LOTIFICACIÓN EL PLAYON, SAN VICENTE   |
| 17  | BOOSTER LOS CONACASTES     |      | CUMBRES DE CERRO SAN PEDRO MALACOFF, SANTA ANA  |
| 18  | BOOSTER METAPAN            |      | LOTIF. LA GRANAJA, LOTE # 7 METAPAN SANTA ANA   |
| 19  | BOOSTER MIRADOR            | 884  | CARRETERA ANTG.A COMALAPA 2 KM ANTES DE LLEGAR A COMALAPA.  |
| 20  | BOOSTER SAN VICENTE        | 882  | CERRO GRANDE, CANTON SANTA LUCIA JURISDICCION SAN LORENZO DETO SAN VICENTE                                      |
| 21  | BOOSTER SANTA ROSA DE LIMA |      | CERRO EL CARETO, CASERIO LAS TROJITAS, CANTON SAN SEBASTIAN, COL. SINAI STA. ROSA DE LIMA, LA UNION             |
| 22  | BOQUERON                   | 882  | VOLCAN DE SAN SALVADOR  |
| 23  | CACAHUATIQUE               |      | CERRO CACAHUATIQUE DEPTO. DE MORAZAN  |
| 24  | CANGREJERA                 |      | 500 MTS DESPUES DEL PUENTO DEL PUEBLO DE CANGREJERA.  |
| 25  | CAPULIN                    |      | CERRO EL CAPULIN, JURISDICCIÓN DE CHIRILAGUA, CARRETERA LITORAL HACIA EL CUCO, DEPTO. DE SAN MIGUEL             |
| 26  | CARA SUCIA                 |      | FRONTERA LAS CHINAMAS KM 5 LLENGAN A LA CHADURA   |

**TABLA 15 ESTACIONES BASE TELEMOVIL**

|    |                                  |     |   |
|----|----------------------------------|-----|---|
| 27 | CERRO CACHIO                     | 882 | LUGAR CONOCIDO POR LOS TRES LIMITES CATON TAPACUN, JURISD. DE ATQUIZAYA, AHUACHAPAN     |
| 28 | CERRO GRANDE                     |     | CHALATENANGO  |
| 29 | CERRON VERDE                     | 882 | CENTRO TURISTICO CERRO VERDE SONSONATE  |
| 30 | CHALATENANGO                     | 884 | COL. LOS CONACASTES CTDO SUR DE LA CALLE MORAZAN  |
| 31 | CHALCHUAPA                       |     | SUBURDIOS DEL BARRIO LAS ANIMAS, CDA. DE CHALCHUAPA, SANTA ANA                          |
| 32 | CIRCULO MILITAR                  | 882 | COL. LAS MERCEDES AV. PALERMO #11 DEPTO. DE MENSAJERIA DE TELEMOVIL                     |
| 33 | CIUDAD ARCE                      |     | COL. TEPEYATL CIUDAD ARCE   |
| 34 | CIUADADELA DON BOSCO             |     | COL. SAN ANTONIO # 11 CALLE PLAN DEL PINO FRENTE A CIUADADELA DON BOSCO, CIUDAD DELGADO |
| 35 | COMALAPA                         | 882 | AUTOPISTA A AEROPUERTO DE COMALAPA CONTIGUO A ESTACION DE ANTEL                         |
| 36 | CONCHAGUA                        |     | CERRO CONCHAGUA, CANTÓN EL FARITO MUNICIPO DE CONCHAGUA, DEPTO. DE LA UNIÓN             |
| 37 | COSTA AZUL                       |     | CASERIO LAS ISLAS CANTÓN METALIO KM 93 CARRETERA LA HACHADURA                           |
| 38 | COSTA DEL SOL                    | 882 | CARRETERA A COSTA DEL SOL KM.75   |
| 39 | COSTA DEL SOL II                 | 884 | CARRETERA A COSTA DEL SOL KM.75 PLAYA LOS BLANCOS                                       |
| 40 | CREDISA                          |     | COL. MONTE MARIA PJE # 23 SOYAPANGO   |
| 41 | EDIFICIO DADA                    | 882 | 3A. CALLE PTE. Y 21 AV. NTE. EDIF. DADA, 2A PLANTA, SAN SALVADOR                        |
| 42 | EL CUTUCO                        |     | JURISD. Y DISTRITO DE DEPTO. DE LA UNION CONOC. CON EL NOMBRE DE EL PARAISO             |
| 43 | EL FARO                          |     | CERRO EL FARO CANTÓN AYUTA JURISDICCION DE STA. ANA                                     |
| 44 | EL GAVILAN                       |     | LA UNION KM 168 1/2 CARRT. PANAMERICANA CALLE ALTOS DEL ROBLE, EL CARMEN LA UNION       |
| 45 | EL PACAYAL                       | 882 | CERRO EL PACAYAL, SAN MIGUEL  |
| 46 | EL PARAISO                       |     | CHALATENANGO  |
| 47 | EL PASEO                         | 884 | 83 AV. SUR # 130 PASEO GRAL. ESCALON CENTRO DE SERVICIO TECNICO                         |
| 48 | EL PROGRESO                      | 884 | CALLE EL PROGRESO, COL. EL ROSAL CTRO COMERCIAL EL ROSAL LOCAL 8-9                      |
| 49 | EL SALVADOR DEL MUNDO/ SEMINARIO |     | 65 AV. NTE. # 164, SAN SALVADOR DEPTO. DE CREDITOS Y COBROS                             |
| 50 | EL SIBONEY                       |     | KM 28.5 CARRETERA AL PUERTO DE LA LIBERTAD CTÓN CIMARRON CASERIO EL COPLANAR            |
| 51 | EL TRANSITO                      |     | CARRETERA EL LITORAL SAN MIGUEL   |
| 52 | FCO. GOTERA                      |     | CERRO CACAHUATIQUE  |
| 53 | FINCA ARGENTINA                  | 884 | LOTIF. EL CAHGUITE, HAD. EL CHAGUITE, CIUDAD DELGADO SAN SALVADOR                       |
| 54 | GUAJOYO                          |     | SANTA ANA   |
| 55 | HULA HULA                        | 884 | 2º CALLE PTE. ENTRE 1º AV. NTE. Y AV. MORAZAN SAN SALVADOR                              |

**TABLA 16 ESTACIONES BASE TELEMÓVIL**

|    |                    |     |  |
|----|--------------------|-----|--|
| 56 | JALPONGUITA        |     | KM 54.5 CARRETERA A ZACATECOLUCA, LOFI. JALPONGUITA LOTES 13, 11, SANTIAGO NONUALCO LA PAZ   |
| 57 | JAYAQUE            |     | ALTUAS DE JAYAQUE , LA LIBERTA   |
| 58 | JIQUILISCO         | 884 | LOTIFICACIÓN VILLAS DEL PACIFICO POLG. #3, LOTES # 11 Y 12 JIQUILISCO                        |
| 59 | JOCORO             |     | RUTA MILITAR   |
| 60 | JUCUARAN           |     | USULUTAN   |
| 61 | KILO 11 GOTERA     |     | FCO. GOTERA RUTA MILITAR   |
| 62 | LA CIMA II         |     | COLONIA LA CIMA II LOTIFICACIÓN SAN NICOLÁS LOTE # 20, SAN SALVADOR                          |
| 63 | LA ESPERANZA       | 882 | COL. PALOMO CALLE 23 PTE. PJE #3, CASA 132   |
| 64 | LA LIBERTAD        |     | LOTIF. SAN JOSE DEL MAR PTO. LA LIBERTAD   |
| 65 | LA LIBERTAD II     |     | PLAYA EL TUNCO, CTERA. LITORAL DEPTO. DE LIBERTAD CARRT. EL LITORAL TAMANIQUE HAD. BRISA MAR |
| 66 | LA NUEVA           |     | FINCA Y CASERIO AGUA HELADA CALLE A POTRERO SULA JURISDICCIÓN DE NUEVA CONCEPCIÓN            |
| 67 | LA PALMA           |     | CERRO MIRAMUNDO JURISD. DE LA PALMA DISTRITO DE TEJUTLA, DEPTO. DE CHALATENANGO              |
| 68 | LA TIENDONA        | 882 | CALLE CONCEPCIÓN CASA # 903, B. CONCEPCIÓN S.S. EN FRENTE DE LA MARINA                       |
| 69 | LA UNION N.2       |     | AMATILLO SITIO VIEJO DE JICARAL GRANDE JURISD. DE CONCHAGUA, LA UNION                        |
| 70 | LAGO DE GOATEPEQUE |     | PARTE PONIENTE DEL LAGO  |
| 71 | LAS CHINAMAS       | 884 | CERRO ASTILLERIA, CANTÓN SANTA CRUZ, MUNICIPO DE AHUACHAPAN DEPTO. DE AHUACHAPAN             |
| 72 | LAS HIGUERAS       |     | IZALCO, SONSONATE, COSTA SUR AUTOPISTA SONSONATE   |
| 73 | LAS PILETAS        |     | FCA. STA. RITA CTÓN LOS GRANADOS LAS PILETAS   |
| 74 | LOMA LINDA         | 882 | RESIDENCIAL ALTOS DE LOMA LINDA,FINAL CALLE LOS ABETOS Y COL MAQUILISHUAT                    |
| 75 | LOS NARANJOS       |     | LOS NARANJOS LA LIBERTAD   |
| 76 | LOS PLANES         |     | CANTÓN SAN JUAN CALLE PRINCIPAL CASA N 1 -1 SAN SALVADOR                                     |
| 77 | LOURDES            | 884 | COSTADO SUR DE 2 CALLE OTE., CANTÓN LOURDES COLON LA LIBERTAD                                |
| 78 | LUCEIROS           | 884 | CALLE REP. FEDERAL DE ALEMANIA Y CALLE EL MIRADOR EDIF. EXLUCEIRO, COL. ESCALON              |
| 79 | MAQUILISHUAT       | 884 | CALLE Y COL. MAQUILISHUAT AV. ALMENDROS, S.S.  |
| 80 | MASFERRER          | 884 | CALLE LA CEIBA NO.235 ENTRE 3A Y 5A CALLE PTE. COL. ESCALON                                  |
| 81 | MEJICANOS          |     | 5 AV. NTE. COL. ALFARO PJE. QR N. 3  |
| 82 | MERLIOT            | 884 | "JARDINES DE CUSCATLANTA POLIG. ""E"" CALLE ""L"" # 68"                                      |
| 83 | MERLIOT II         |     | "RESID. STA. TERESA POLIG. ""N"" , CASA # 39 CIUDAD MERILOT "                                |
| 84 | MIRAMONTE          | 884 | URB. VILLAS DE MIRAMONTE II, POLG. B N. 8 CALLE SISIMILES AV. BERNAL                         |
| 85 | MISATA             |     | CARRETA EL LITORAL LA LIBERTAD   |

**TABLA 17 ESTACIONES BASE TELEMÓVIL**

|     |                   |     |   |
|-----|-------------------|-----|---|
| 86  | MODELO            |     | CALLE MODELO # 371 SAN SALVADOR   |
| 87  | MONSERRAT         | 882 | RESIDENCIAL VILLA GALICIA AV. ALTAMIRA Y SENDA B NO. 33 SAN SALVADOR                                |
| 88  | MTX               | 882 | LOTIF. STA ROSA PAJE TAZUMAL NO. 31 SAN ANTONIO ÁBAD  |
| 89  | OLOCUILTA         | 884 | B. EL CARMEN CUPINCO, JURISDICCIÓN DE OLOCUILTA DEPTO. DE LA PAZ.                                   |
| 90  | ÓPICO             |     | LA LIBERTAD   |
| 91  | QUEZALTEPEQUE     |     | COSTADO NTE. DE LA AV. JOSÉ SAUL DÍAZ JURISDICCIÓN DE QUEZALTEPEQUE DEPTO. DE LA LIBERTAD           |
| 92  | SAN ANDRÉS        | 882 | "LOTIF. SANTA MARIA, 2 AV STA. MARTA, CIUDAD ARCE POLIGONO ""A"" , "                                |
| 93  | SAN BENITO        | 882 | CALLE CIRCUNVALACION #218,COL. SAN BENITO,SAN SALVADOR.   |
| 94  | SAN ESTEBAN       |     | 4º CALLE OTE. ENTRE 8º Y 10º AV. SUR , S. S.  |
| 95  | SAN JACINTO       | 882 | CERRO SAN JACINTO,SAN SALVADOR  |
| 96  | SAN MARTÍN        | 884 | CTDO. NORTE DE CALLE SAN AGUSTÍN, COL. Y CANTÓN LA FLOR, JURISDICCIÓN. SAN MARTÍN, DEPTO. SAN SALV. |
| 97  | SAN MIGUEL I      | 882 | 1A. AV. NTE. #506, LOCAL 1B Y 2B EDIF. SAGICAR  |
| 98  | SAN MIGUEL II     |     | ONDAS ORIENTALES, FRENTE A METROCENTRO SAN MIGUEL   |
| 99  | SAN MIGUELITO     |     | BARRIO SAN JOSÉ SAN SALVADOR 2º AV, NTE. Y 19 CALLE OTE. S.S  |
| 100 | SAN RAFAEL CEDROS |     | LOTIF. VILLAS DE SAN RAFAEL LOTE 10, SAN RAFAEL C CUSCATLÁN   |
| 101 | SANTA ANA         | 882 | 9A CALLE PONIENTE #8, SANTA ANA   |
| 102 | SANTA ANA II      |     | COL. LOMA LINDA KM 69 LOTES NO. 8Y9 EL PORTEZUELO, SANTA ANA  |
| 103 | SANTA CRUZ,       |     | MICHAPA CUSCATLAN   |
| 104 | SANTA ELENA       |     | CENTRO COMERCIAL ATRIUN PLAZA LOCAL 18 NIVEL 2 CUERPO BLVD. SANTA ELENA, ANTIGUO CUSCATLAN          |
| 105 | SANTA TECLA       | 882 | CUMBRES DE SANTA TECLA,CALLE SAN JOSÉ BLOCK F-3,LTE. A1Y2 SANTA TECLA                               |
| 106 | SANTO TOMÁS       |     | CANTÓN EL MORO KM 16 CARRETERA ANTIGUA A COMALAPA, SANTO TOMÁS                                      |
| 107 | SENSUNTEPEQUE     |     | SUBURBIOS BO. EL CALVARIO, SENSUNTEPEQUE  |
| 108 | SONSONATE         | 882 | CANTON LOMA DEL MUERTO, SONSONATE   |
| 109 | SULTANA           | 882 | COL. SULTANA CALLE ANTIG. CUSCATLAN NO. 33 FRENTE A BOMBA   |
| 110 | TEJUTEPEQUE       |     | CALLE PRINCIPAL A LAS LOMAS, LOTIF. LAS LOMAS DE TEJUTE, HAD. CHAGUITÓN                             |
| 111 | TEXISTEPEQUE      |     | COSTADO SUR QUE DE CARRET. A SANTA ANA CONDUCE A METAPANM KM 84 JURISDICCIÓN TEXISTEPEQUE           |
| 112 | TIERRA BLANCA     |     | HDA. CALIFORNIA, CANTÓN TIERRA BLANCA, JURISDICCIÓN DE JIQUILISCO, USulután                         |
| 113 | TORRECILLAS       |     | CANTON ALBORNOZ, JURISD. DE BOLIVAR DEPTO. DE LA UNION  |

Tabla 42: Ubicación de estaciones base del operador DIGICEL

| Sitio                  | Dirección  |
|------------------------|--|
| Ahuachapán             | Lot. Sta. María 2, Pol. 0, calle ppal. Lote 5 y 6 Cton. Maguey                                 |
| Santa Ana Norte        | Final 4a. Calle Pte. entre av. Matías Deig. Y Fray Felipe de Jesús #55, Barrio Sn. Juan        |
| Santa Ana Centro       | Lot. Sn. Miguelito #22, Pol. E, col. Solórzano, calle adoquinada                               |
| Santa Ana              | 2a. Calle ote. Entre 15 y 17 Av. Nte., Santa Ana   |
| Lago Coatepeque        | Finca Sn. Martín, Buenos Aires, Cton. Guineo, el Congo   |
| Ciudad Arce            | Final calle Ruano, Calle al grupo Escolar, ctgo. Torre Telecom                                 |
| Colón                  | Col. San José del Río, pol 5, lotes # 9 y #19, Villa Colón, La Libertad                        |
| Acajutla               | Calle Antigua a Acajutla, Colonia Brisas de Acajutla, lote 22-A, Acajutla                      |
| Sonsonate              | Pasaje Sn. Gerardo, entre 7a y 9a calle Pte., Sonsonate.                                       |
| Izalco                 | Barrio Cruz Galana, Izalco, carret. panam. Km 59   |
| Armenia Izalco         | Carr. panam. km 45, Cooperat. El Sunzal, Cton. El Sunzita, Armenia                             |
| La Libertad            | Calle central, lote 8, pol. 5, La Libertad   |
| Cerro El Faro          | Calle Aldea San Antonio, atrás de Gasolinera Shell   |
| Colonia Rubio          | Calle a Sn. José Guayabal, Sn. Martín  |
| Cojutepeque            | Final Av. Raúl Contreras a 200mts. De ANDA, Rest. Buena Vista, Cojutepeque                     |
| San Rafael Cedros      | Terreno área rural, cton. La Paz, El Carmen, km 39 Cojutepeque                                 |
| Cerro Grande           |  |
| Costa del Sol          | Bld. Costa del Sol km 68.3 Cton. el zapote, la Herradura, La Paz                               |
| San Felipe             | Casero Cerro la Joya, Cton. Sn. Juan de Merinos, desvío a Sta. Clara, Sn. Vicente, Apastepeque |
| Chanmoco               | Casero Guayabal, Cton. Fco. Chanmoco, km 75, Sn. Vicente                                       |
| El Nisperal            | Carret. Panam. Desvío Puertas chachas, Estanzuelas, Col. El Milagro, Usulután                  |
| Mercedes Umaña         | Barrio El Calvario, final 8a. Av. nte., Mercedes Umaña   |
| Cerro El Cimarrón      | Barrio El Calvario, 40m al Pte. De Torre Canales, calle a Cton Concepción                      |
| Moncagua               | Km 125+700m Cton. Papalón, jurisdicc. Moncagua, Sn. Miguel, carret. Panamer.                   |
| San Miguel Norte       | Km 137, Carret. Panam. Sn. Miguel  |
| Metocentro             | 3a. Av. Sur y 5a. calle Pte. #304, Pte. Clínicas Médicas, parqueo Flores, Sn. Miguel.          |
| San Miguel             | Sr. Víctor Manuel Reyes, Carret. Al Delirio, entre calle Elizabeth de Cd. Real, San Miguel.    |
| Zacatecoluca           | Av. Juan Manuel Rodríguez, Contiguo Iglesia el Calvario, Zacatecoluca                          |
| El Castaño             | Municipio de Jiquilisco, Cton. Tierra Blanca, pasaje Rivera km 92.7, carretera El Litoral.     |
| Puerto el Triunfo      | Pasaje "B", polig. 2, Puerto El Triunfo (fax: 447-2988)  |
| Usulután               | 1er. Pasaje lozano, col. Parras, final Av. Guandique, Usulután                                 |
| Primavera              | Cantón Piedra Pacha, Jurisdicc. El Tránsito, Sn. Miguel  |
| El Delirio             |  |
| Las Isletas            | Km 51, carretera a La Herradura  |
| La Herradura           | Barrio San Luis, Avenida Sur, atrás de Iglesia Católica  |
| Col S Jose St Tecla    | 6a. Av. Nte., comunidad el Tanque, Col. Sn. Antonio Las Palmeras, Sta. Tecla                   |
| C4 y Av Sta Tecla      | Final Pasaje #2, final 4a. Calle poniente, colonia Don Bosco, Santa Tecla                      |
| Vía del Mar            | Carret. Puerto La Libertad, km 12.5, Finca Santa Julia, Cuscatlán, Dpto. La Libertad           |
| Plaza Merliot          | Centro comercial Plaza Merliot, calle chilitupán y 17 av. norte-cinemark                       |
| Siemens                | Calle Congagua a un costado de la Embajada Norteamericana, Urbanización Santa Elena.           |
| Salnet                 | 103 Av. Nte. #247, Colonia Escalón   |
| Cumbres Escalón        | Avenida Masferrer Norte, Escalón A, ANDA, Colonia Cumbres Escalón                              |
| Colonia Dordelly       |  |
| Hotel Marriott         | Av. Las Magnolias, y Blvd. del Hipódromo, Col. San Benito, S.S.                                |
| La Sultana             | Bld. La Sultana y pasaje Monelca, Urb. La Sultana, Ant. Cuscatlán, La Libertad                 |
| Montebello             | Taller Mecánico Blvd. Constitución y calle Zacamil No. 1                                       |
| Hospital Militar       | Colonia Bernal, calle Principal #1, San Salvador.  |
| Bld. Constitución      | Bld. Constitución, final Pasaje Sn. Fco. #224  |
| Cines Beethoven        | Galerías Escalón, Paseo Gra. Escalón   |
| Plaza Suiza            | Centro Comercial Plaza Suiza   |
| Estadio Cuscatlán      | Calle ant. A Huizúcar entre calle 3 y calle 2, reparto Versailles, S.S.                        |
| La Cima III            | Lotif. Sn. Nicolás, calle ant. Huizúcar 1, Av. "A", polig. 4, lote #6, lomas de Candelaria     |
| Hospital De Niños      | 25 Av. Nte. Y 27 calle Pte. #1415, Edificio Panamericano, S.S.                                 |
| Torre Robble           |  |
| La Centroamericana     | Calle alameda Roosevelt, #3107, Edificio La Centroamericana, San Salvador.                     |
| 3 de Mayo y Calle FCCC | Cond Vista Hermosa Av Bella Vista, Col Hermosa   |
| Colonia Gallegos       | Final Calle Ppal., Col. Modelo, lote 238, S.S.   |
| Mejicanos              | 9a. Calle Pte. #38, Col. Palmira, Mejicanos, S.S.  |
| La Cascada             | Ints. Don Rua, 23C. Pte. y 3 Av. Nte., San Salvador  |
| Plaza Barrios          | Paseo Gra. Escalón, #6000, S.S.  |
| Plaza Barrios          | Edif. Tazumal, C Ruben Dario y 5 Av. Sur #126, S.S.  |
| Casa Presidencial      | Final calle Dario Gonzales y calle Barcelona N-3, S.S.   |
| Cerro San Jacinto      | Finca Santa Julia, Cerro Sn. Jacinto, S.S. (Sr. Héctor Canales)                                |
| California             | Carret. Troncal del Nte. Km. 6, Col. Carolina, calle ppal. S.S.                                |
| La Garita              | Calle concepción # 1101, Barrio Cisneros, San Salvador.  |
| La Constancia          | 28 Av. Nte. Y calle Sn. Juan #503, Barrio Lourdes, S.S.  |
| Molsa                  | Av. Ilopango, pasaje Tacuba, Ciudad Credisa, S.S.  |
| Carret Panam. Vieja    | Barrio el Progreso, Carret. Panam. Km 5, pasaje Pacas  |
| Soyapango              | Calle Sn. Antonio Flores y Pasaje Las Azucenas, Lote #8, Col. Los Lirios, Soyapango.           |
| Fabrica Diana          | Urb. Industrial San Pablo., calle L-1 #27 Soyapango (AMAC)                                     |
| Unidad Iro de Mayo     | 23 Av. Nte. #128, S.S.   |
| ISSS Ilopango          | Bld. Del Ejército Nacional   |
| Santo Tomás            | Barrio Las Mercedes, #119, Sto. Tomás (Tels: 235-3153 Directo Hija)                            |
| Olocuilta              | Km 24.3 Carret. Al Aeropuerto El Salvador, Cantón La Esperanza, Olocuilta, La Paz.             |
| Cupinco                | Km 30.5, Cton. Cupinco, Zona Franca Miramar  |
| San Juan Talpa         | Casa de la Estrella, Carretera al Aeropuerto Km 35, Municipio de Sn. Juan Talpa                |
| San Luis Talpa         | Junto Restaurante La Posada No 2, Carret. Al Aeropuerto  |

Tabla 43: Ubicación de estaciones base del operador Telefónica

| Cell No | Cell Name            | Cell Longit.                 | Cell Latit.                  | Cell Eleva. | Cell Rad. | Ant Name | Ant Height | Ant Tilt | Ant Azimuth | Ant Sector Width | Ant Latitude                 | Ant Longitude                | Ant Eleva |
|---------|----------------------|------------------------------|------------------------------|-------------|-----------|----------|------------|----------|-------------|------------------|------------------------------|------------------------------|-----------|
| 1       | SISA                 | 89 deg. 33.05 sec. W         | 13 deg. 18.24 sec. N         | 869         | 3         | ALFA     | 40         | 8        | 0           | 65               | 89 deg. 33.05 sec. W         | 13 deg. 18.24 sec. N         | 49        |
| 2       | EL_PEDREGAL          | 89 deg. 1 min. 18.06 sec. W  | 13 deg. 27 min. 48.96 sec. N | 39          | 6         | BETA     | 40         | 11       | 129         | 65               | 89 deg. 1 min. 18.06 sec. W  | 13 deg. 27 min. 48.96 sec. N | 50        |
| 3       | CYTEC                | 89 deg. 14 min. 23.33 sec. W | 13 deg. 41 min. 16.08 sec. N | 921         | 2         | GAMMA    | 30         | 7        | 0           | 65               | 89 deg. 14 min. 23.33 sec. W | 13 deg. 41 min. 16.08 sec. N | 30        |
| 4       | HOTEL_EL_SALVADOR    | 89 deg. 14 min. 26.79 sec. W | 13 deg. 42 min. 36.36 sec. N | 841         | 2         | ALFA     | 30         | 0        | 273         | 65               | 89 deg. 14 min. 26.79 sec. W | 13 deg. 42 min. 36.36 sec. N | 30        |
| 5       | HOTEL_CAMINO_REAL    | 89 deg. 12 min. 43.63 sec. W | 13 deg. 42 min. 28.50 sec. N | 726         | 2         | GAMMA    | 30         | 8        | 290         | 65               | 89 deg. 12 min. 43.63 sec. W | 13 deg. 42 min. 28.50 sec. N | 30        |
| 6       | FUSAL                | 89 deg. 15 min. 21.92 sec. W | 13 deg. 39 min. 40.26 sec. N | 898         | 2         | ALFA     | 30         | 5        | 60          | 65               | 89 deg. 15 min. 21.92 sec. W | 13 deg. 39 min. 40.26 sec. N | 30        |
| 7       | LA_GARITA            | 89 deg. 10 min. 6.97 sec. W  | 13 deg. 42 min. 38.02 sec. N | 603         | 2         | BETA     | 50         | 8        | 122         | 65               | 89 deg. 10 min. 6.97 sec. W  | 13 deg. 42 min. 38.02 sec. N | 50        |
| 8       | ZACAMIL              | 89 deg. 12 min. 39.98 sec. W | 13 deg. 43 min. 49.50 sec. N | 736         | 2         | GAMMA    | 30         | 2        | 292         | 65               | 89 deg. 12 min. 39.98 sec. W | 13 deg. 43 min. 49.50 sec. N | 30        |
| 9       | CANDELARIA           | 89 deg. 11 min. 25.82 sec. W | 13 deg. 41 min. 38.40 sec. N | 652         | 2         | ALFA     | 50         | 9        | 27          | 65               | 89 deg. 11 min. 25.82 sec. W | 13 deg. 41 min. 38.40 sec. N | 50        |
| 10      | EL_QUILO             | 89 deg. 11 min. 15.96 sec. W | 13 deg. 37 min. 41.04 sec. N | 1129        | 8         | BETA     | 30         | 5        | 143         | 65               | 89 deg. 11 min. 15.96 sec. W | 13 deg. 37 min. 41.04 sec. N | 30        |
| 11      | OLOCUILTA            | 89 deg. 6 min. 53.69 sec. W  | 13 deg. 33 min. 33.90 sec. N | 474         | 8         | ALFA     | 75         | 9        | 189         | 65               | 89 deg. 6 min. 53.69 sec. W  | 13 deg. 33 min. 33.90 sec. N | 75        |
| 12      | ADOC                 | 89 deg. 8 min. 15.96 sec. W  | 13 deg. 41 min. 16.38 sec. N | 632         | 2         | BETA     | 50         | 7        | 77          | 65               | 89 deg. 8 min. 15.96 sec. W  | 13 deg. 41 min. 16.38 sec. N | 50        |
| 13      | SAN_JACINTO          | 89 deg. 10 min. 4.99 sec. W  | 13 deg. 39 min. 54.00 sec. N | 1093        | 6         | ALFA     | 70         | 8        | 123         | 65               | 89 deg. 10 min. 4.99 sec. W  | 13 deg. 39 min. 54.00 sec. N | 70        |
| 14      | COMALAPA             | 89 deg. 4 min. 31.03 sec. W  | 13 deg. 29 min. 44.46 sec. N | 64          | 6         | BETA     | 50         | 2        | 186         | 65               | 89 deg. 4 min. 31.03 sec. W  | 13 deg. 29 min. 44.46 sec. N | 50        |
| 15      | LA_CIMA              | 89 deg. 13 min. 13.87 sec. W | 13 deg. 39 min. 51.92 sec. N | 894         | 2         | ALFA     | 30         | 20       | 12          | 65               | 89 deg. 13 min. 13.87 sec. W | 13 deg. 39 min. 51.92 sec. N | 30        |
| 16      | SOYAPANGO            | 89 deg. 8 min. 19.74 sec. W  | 13 deg. 43 min. 27.90 sec. N | 619         | 2         | BETA     | 50         | 6        | 94          | 65               | 89 deg. 8 min. 19.74 sec. W  | 13 deg. 43 min. 27.90 sec. N | 50        |
| 17      | COSTA_DEL_SOL_1      | 89 deg. 58 min. 34.58 sec. W | 13 deg. 19 min. 56.22 sec. N | 0           | 8         | ALFA     | 30         | 0        | 190         | 65               | 89 deg. 58 min. 34.58 sec. W | 13 deg. 19 min. 56.22 sec. N | 30        |
| 18      | COSTA_DEL_SOL_2      | 89 deg. 1 min. 25.80 sec. W  | 13 deg. 22 min. 19.92 sec. N | 3           | 8         | BETA     | 30         | 9        | 293         | 65               | 89 deg. 1 min. 25.80 sec. W  | 13 deg. 22 min. 19.92 sec. N | 30        |
| 19      | SAN_MIGUELITO        | 89 deg. 11 min. 17.01 sec. W | 13 deg. 42 min. 38.00 sec. N | 662         | 2         | ALFA     | 50         | 9        | 127         | 65               | 89 deg. 11 min. 17.01 sec. W | 13 deg. 42 min. 38.00 sec. N | 50        |
| 20      | MONTECRISTO          | 89 deg. 13 min. 32.22 sec. W | 13 deg. 42 min. 3.46 sec. N  | 778         | 2         | BETA     | 30         | 0        | 0           | 65               | 89 deg. 13 min. 32.22 sec. W | 13 deg. 42 min. 3.46 sec. N  | 30        |
| 21      | MONSERRAT            | 89 deg. 12 min. 21.99 sec. W | 13 deg. 41 min. 10.00 sec. N | 723         | 2         | ALFA     | 50         | 10       | 0           | 65               | 89 deg. 12 min. 21.99 sec. W | 13 deg. 41 min. 10.00 sec. N | 50        |
| 22      | SANTA_TECLA_2        | 89 deg. 17 min. 25.76 sec. W | 13 deg. 41 min. 14.18 sec. N | 966         | 2         | BETA     | 50         | 10       | 7           | 65               | 89 deg. 17 min. 25.76 sec. W | 13 deg. 41 min. 14.18 sec. N | 50        |
| 23      | AEROPUERTO           | 89 deg. 3 min. 52.00 sec. W  | 13 deg. 27 min. 13.00 sec. N | 32          | 8         | GAMMA    | 50         | 3        | 265         | 65               | 89 deg. 3 min. 52.00 sec. W  | 13 deg. 27 min. 13.00 sec. N | 50        |
| 24      | ARENERA              | 89 deg. 21 min. 50.72 sec. W | 13 deg. 45 min. 46.74 sec. N | 498         | 8         | BETA     | 80         | 6        | 350         | 65               | 89 deg. 21 min. 50.72 sec. W | 13 deg. 45 min. 46.74 sec. N | 80        |
| 25      | CIUDAD_ARCE          | 89 deg. 26 min. 42.91 sec. W | 13 deg. 49 min. 58.00 sec. N | 506         | 8         | ALFA     | 80         | 4        | 80          | 65               | 89 deg. 26 min. 42.91 sec. W | 13 deg. 49 min. 58.00 sec. N | 80        |
| 26      | EL_CONGO             | 89 deg. 30 min. 19.01 sec. W | 13 deg. 53 min. 53.00 sec. N | 866         | 8         | BETA     | 80         | 2        | 7           | 65               | 89 deg. 30 min. 19.01 sec. W | 13 deg. 53 min. 53.00 sec. N | 80        |
| 27      | COATEPEQUE_1         | 89 deg. 32 min. 49.68 sec. W | 13 deg. 53 min. 48.90 sec. N | 1032        | 8         | ALFA     | 35         | 4        | 220         | 65               | 89 deg. 32 min. 49.68 sec. W | 13 deg. 53 min. 48.90 sec. N | 35        |
| 28      | COATEPEQUE_2         | 89 deg. 31 min. 43.24 sec. W | 13 deg. 50 min. 56.88 sec. N | 756         | 6         | BETA     | 35         | 4        | 245         | 65               | 89 deg. 31 min. 43.24 sec. W | 13 deg. 50 min. 56.88 sec. N | 35        |
| 29      | SANTA_ANA_1          | 89 deg. 34 min. 9.99 sec. W  | 13 deg. 57 min. 52.00 sec. N | 742         | 8         | ALFA     | 80         | 9        | 11          | 65               | 89 deg. 34 min. 9.99 sec. W  | 13 deg. 57 min. 52.00 sec. N | 80        |
| 30      | EL_FARO              | 89 deg. 34 min. 5.21 sec. W  | 14 deg. 1 min. 26.46 sec. N  | 1100        | 8         | BETA     | 70         | 2        | 0           | 65               | 89 deg. 34 min. 5.21 sec. W  | 14 deg. 1 min. 26.46 sec. N  | 70        |
| 31      | ATEOS                | 89 deg. 25 min. 58.82 sec. W | 13 deg. 44 min. 28.80 sec. N | 483         | 8         | ALFA     | 80         | 5        | 37          | 65               | 89 deg. 25 min. 58.82 sec. W | 13 deg. 44 min. 28.80 sec. N | 80        |
| 32      | LOURDES              | 89 deg. 22 min. 30.00 sec. W | 13 deg. 43 min. 42.60 sec. N | 533         | 8         | BETA     | 60         | 7        | 70          | 65               | 89 deg. 22 min. 30.00 sec. W | 13 deg. 43 min. 42.60 sec. N | 60        |
| 33      | SANTA_ANA_2          | 89 deg. 33 min. 33.00 sec. W | 13 deg. 59 min. 28.00 sec. N | 661         | 8         | ALFA     | 80         | 4        | 8           | 65               | 89 deg. 33 min. 33.00 sec. W | 13 deg. 59 min. 28.00 sec. N | 80        |
| 34      | SAN_FRANCISCO        | 89 deg. 13 min. 47.00 sec. W | 13 deg. 40 min. 44.00 sec. N | 927         | 2         | GAMMA    | 15         | 8        | 208         | 65               | 89 deg. 13 min. 47.00 sec. W | 13 deg. 40 min. 44.00 sec. N | 15        |
| 35      | MASFERRER_1          | 89 deg. 14 min. 53.00 sec. W | 13 deg. 42 min. 6.00 sec. N  | 852         | 2         | ALFA     | 13         | -1       | 290         | 65               | 89 deg. 14 min. 53.00 sec. W | 13 deg. 42 min. 6.00 sec. N  | 13        |
| 36      | SAN_JULIAN           | 89 deg. 36 min. 48.00 sec. W | 13 deg. 44 min. 47.00 sec. N | 551         | 8         | BETA     | 80         | 2        | 78          | 65               | 89 deg. 36 min. 48.00 sec. W | 13 deg. 44 min. 47.00 sec. N | 80        |
| 37      | IZALCO               | 89 deg. 40 min. 47.01 sec. W | 13 deg. 44 min. 26.00 sec. N | 406         | 8         | ALFA     | 80         | 2        | 27          | 65               | 89 deg. 40 min. 47.01 sec. W | 13 deg. 44 min. 26.00 sec. N | 80        |
| 38      | SONSONATE_1          | 89 deg. 43 min. 33.35 sec. W | 13 deg. 44 min. 14.28 sec. N | 343         | 8         | BETA     | 70         | 1        | 89          | 65               | 89 deg. 43 min. 33.35 sec. W | 13 deg. 44 min. 14.28 sec. N | 70        |
| 39      | SONSONATE_2          | 89 deg. 44 min. 15.59 sec. W | 13 deg. 41 min. 31.80 sec. N | 168         | 8         | ALFA     | 80         | 6        | 228         | 65               | 89 deg. 44 min. 15.59 sec. W | 13 deg. 41 min. 31.80 sec. N | 80        |
| 40      | CARRETERA_A_ACAJUTLA | 89 deg. 46 min. 58.82 sec. W | 13 deg. 38 min. 0.12 sec. N  | 80          | 8         | BETA     | 80         | 3        | 203         | 65               | 89 deg. 46 min. 58.82 sec. W | 13 deg. 38 min. 0.12 sec. N  | 80        |
| 41      | ACAJUTLA             | 89 deg. 49 min. 13.62 sec. W | 13 deg. 34 min. 43.80 sec. N | 24          | 8         | ALFA     | 70         | 8        | 236         | 65               | 89 deg. 49 min. 13.62 sec. W | 13 deg. 34 min. 43.80 sec. N | 70        |
| 42      | ...                  | 89 deg. 18 min. 13.62 sec. W | 13 deg. 40 min. 0.00 sec. N  | ...         | ...       | ALFA     | 80         | 12       | 15          | 65               | 89 deg. 18 min. 13.62 sec. W | 13 deg. 40 min. 0.00 sec. N  | 80        |

Tabla 43: ( Continuación )

| Cell No | Cell Name            | Cell Longit.                 | Cell Latit.                  | Cell Eleva. | Cell Rad. | Ant Name | Ant Height | Ant Tilt | Ant Azimuth | Ant Sector Width | Ant Latitude                 | Ant Longitude                | Ant Eleva. |
|---------|----------------------|------------------------------|------------------------------|-------------|-----------|----------|------------|----------|-------------|------------------|------------------------------|------------------------------|------------|
| 45      | APOPA                | 89 deg, 10 min, 30.01 sec. W | 13 deg, 47 min, 33.40 sec. N | 441         | 3         | BETA_30  | 5          | 135      | 85          | 85               | 89 deg, 10 min, 30.01 sec. W | 13 deg, 47 min, 33.40 sec. N | 30         |
|         |                      |                              |                              |             |           | GAMMA_30 | 0          | 250      | 85          | 85               | 89 deg, 10 min, 30.01 sec. W | 13 deg, 47 min, 33.40 sec. N | 30         |
| 46      | VISTAMAR             | 89 deg, 20 min, 49.01 sec. W | 13 deg, 29 min, 34.00 sec. N | 84          | 8         | ALFA_50  | 4          | 98       | 85          | 85               | 89 deg, 20 min, 49.01 sec. W | 13 deg, 29 min, 34.00 sec. N | 50         |
|         |                      |                              |                              |             |           | BETA_50  | 4          | 291      | 85          | 85               | 89 deg, 20 min, 49.01 sec. W | 13 deg, 29 min, 34.00 sec. N | 50         |
| 47      | CARRETERA_LIBERTAD_2 | 89 deg, 18 min, 31.10 sec. W | 13 deg, 30 min, 53.80 sec. N | 214         | 8         | ALFA_60  | 3          | 25       | 85          | 85               | 89 deg, 18 min, 31.10 sec. W | 13 deg, 30 min, 53.80 sec. N | 80         |
|         |                      |                              |                              |             |           | BETA_60  | 3          | 209      | 85          | 85               | 89 deg, 18 min, 31.10 sec. W | 13 deg, 30 min, 53.80 sec. N | 80         |
| 48      | ZARAGOZA             | 89 deg, 17 min, 23.40 sec. W | 13 deg, 35 min, 26.50 sec. N | 569         | 6         | ALFA_70  | 5          | 20       | 85          | 85               | 89 deg, 17 min, 23.40 sec. W | 13 deg, 35 min, 26.50 sec. N | 70         |
|         |                      |                              |                              |             |           | BETA_70  | 4          | 182      | 85          | 85               | 89 deg, 17 min, 23.40 sec. W | 13 deg, 35 min, 26.50 sec. N | 70         |
| 49      | CARRETERA_LIBERTAD_1 | 89 deg, 16 min, 57.99 sec. W | 13 deg, 37 min, 38.00 sec. N | 841         | 8         | ALFA_40  | 3          | 185      | 85          | 85               | 89 deg, 16 min, 57.99 sec. W | 13 deg, 37 min, 38.00 sec. N | 40         |
|         |                      |                              |                              |             |           | BETA_40  | 1          | 327      | 85          | 85               | 89 deg, 16 min, 57.99 sec. W | 13 deg, 37 min, 38.00 sec. N | 40         |
| 50      | SAN_MARTIN           | 89 deg, 2 min, 29.99 sec. W  | 13 deg, 44 min, 6.00 sec. N  | 757         | 3         | ALFA_70  | 3          | 20       | 85          | 85               | 89 deg, 2 min, 29.99 sec. W  | 13 deg, 44 min, 6.00 sec. N  | 70         |
|         |                      |                              |                              |             |           | BETA_70  | 10         | 185      | 85          | 85               | 89 deg, 2 min, 29.99 sec. W  | 13 deg, 44 min, 6.00 sec. N  | 70         |
|         |                      |                              |                              |             |           | GAMMA_70 | 7          | 375      | 85          | 85               | 89 deg, 2 min, 29.99 sec. W  | 13 deg, 44 min, 6.00 sec. N  | 70         |
| 51      | COJUTEPEQUE          | 89 deg, 56 min, 22.00 sec. W | 13 deg, 42 min, 59.00 sec. N | 937         | 8         | ALFA_60  | 4          | 77       | 85          | 85               | 89 deg, 56 min, 22.00 sec. W | 13 deg, 42 min, 59.00 sec. N | 80         |
|         |                      |                              |                              |             |           | BETA_60  | 4          | 309      | 85          | 85               | 89 deg, 56 min, 22.00 sec. W | 13 deg, 42 min, 59.00 sec. N | 80         |
| 52      | CERRO_GRANDE         | 89 deg, 49 min, 11.37 sec. W | 13 deg, 40 min, 2.58 sec. N  | 788         | 8         | ALFA_60  | 9          | 60       | 85          | 85               | 89 deg, 49 min, 11.37 sec. W | 13 deg, 40 min, 2.58 sec. N  | 80         |
|         |                      |                              |                              |             |           | BETA_60  | 3          | 260      | 85          | 85               | 89 deg, 49 min, 11.37 sec. W | 13 deg, 40 min, 2.58 sec. N  | 80         |
|         |                      |                              |                              |             |           | ALFA_80  | 0          | 40       | 85          | 85               | 89 deg, 47 min, 24.00 sec. W | 13 deg, 36 min, 26.00 sec. N | 80         |
| 53      | SAN_VICENTE          | 89 deg, 47 min, 24.00 sec. W | 13 deg, 38 min, 28.00 sec. N | 409         | 8         | BETA_60  | 2          | 139      | 85          | 85               | 89 deg, 47 min, 24.00 sec. W | 13 deg, 38 min, 26.00 sec. N | 80         |
|         |                      |                              |                              |             |           | GAMMA_60 | 0          | 270      | 85          | 85               | 89 deg, 47 min, 24.00 sec. W | 13 deg, 38 min, 26.00 sec. N | 80         |
|         |                      |                              |                              |             |           | ALFA_70  | 2          | 78       | 85          | 85               | 89 deg, 47 min, 24.00 sec. W | 13 deg, 38 min, 26.00 sec. N | 80         |
| 54      | SAN_MIGUEL_1         | 89 deg, 11 min, 43.81 sec. W | 13 deg, 29 min, 34.50 sec. N | 144         | 8         | BETA_70  | 4          | 188      | 85          | 85               | 89 deg, 11 min, 43.81 sec. W | 13 deg, 29 min, 34.50 sec. N | 70         |
|         |                      |                              |                              |             |           | GAMMA_70 | 0          | 295      | 85          | 85               | 89 deg, 11 min, 43.81 sec. W | 13 deg, 29 min, 34.50 sec. N | 70         |
|         |                      |                              |                              |             |           | ALFA_50  | 7          | 45       | 85          | 85               | 89 deg, 10 min, 46.00 sec. W | 13 deg, 28 min, 27.00 sec. N | 50         |
| 55      | SAN_MIGUEL_2         | 89 deg, 10 min, 46.00 sec. W | 13 deg, 28 min, 27.00 sec. N | 128         | 8         | BETA_50  | 6          | 165      | 85          | 85               | 89 deg, 10 min, 46.00 sec. W | 13 deg, 28 min, 27.00 sec. N | 50         |
|         |                      |                              |                              |             |           | GAMMA_50 | 0          | 295      | 85          | 85               | 89 deg, 10 min, 46.00 sec. W | 13 deg, 28 min, 27.00 sec. N | 50         |
|         |                      |                              |                              |             |           | ALFA_50  | 4          | 80       | 85          | 85               | 89 deg, 9 min, 31.27 sec. W  | 13 deg, 27 min, 11.40 sec. N | 50         |
| 56      | SAN_MIGUEL_3         | 89 deg, 9 min, 31.27 sec. W  | 13 deg, 27 min, 11.40 sec. N | 95          | 8         | BETA_50  | 4          | 207      | 85          | 85               | 89 deg, 9 min, 31.27 sec. W  | 13 deg, 27 min, 11.40 sec. N | 50         |
|         |                      |                              |                              |             |           | GAMMA_50 | 4          | 326      | 85          | 85               | 89 deg, 9 min, 31.27 sec. W  | 13 deg, 27 min, 11.40 sec. N | 50         |
|         |                      |                              |                              |             |           | ALFA_70  | 6          | 0        | 85          | 85               | 89 deg, 8 min, 48.99 sec. W  | 13 deg, 19 min, 35.00 sec. N | 70         |
| 57      | EL_DELIRO            | 89 deg, 8 min, 48.99 sec. W  | 13 deg, 19 min, 35.00 sec. N | 123         | 8         | BETA_70  | 4          | 130      | 85          | 85               | 89 deg, 8 min, 48.99 sec. W  | 13 deg, 19 min, 35.00 sec. N | 70         |
|         |                      |                              |                              |             |           | GAMMA_70 | 1          | 289      | 85          | 85               | 89 deg, 8 min, 48.99 sec. W  | 13 deg, 19 min, 35.00 sec. N | 70         |
|         |                      |                              |                              |             |           | ALFA_80  | -1         | 0        | 85          | 85               | 89 deg, 20 min, 37.99 sec. W | 13 deg, 20 min, 46.00 sec. N | 80         |
| 58      | EL_TRANSITO          | 89 deg, 20 min, 37.99 sec. W | 13 deg, 20 min, 46.00 sec. N | 118         | 8         | BETA_80  | 0          | 110      | 85          | 85               | 89 deg, 20 min, 37.99 sec. W | 13 deg, 20 min, 46.00 sec. N | 80         |
|         |                      |                              |                              |             |           | GAMMA_80 | 0          | 260      | 85          | 85               | 89 deg, 20 min, 37.99 sec. W | 13 deg, 20 min, 46.00 sec. N | 80         |
|         |                      |                              |                              |             |           | ALFA_80  | 0          | 42       | 85          | 85               | 89 deg, 20 min, 37.99 sec. W | 13 deg, 21 min, 1.80 sec. N  | 80         |
| 59      | USULUTAN             | 89 deg, 26 min, 21.87 sec. W | 13 deg, 21 min, 1.80 sec. N  | 106         | 6         | BETA_60  | 3          | 165      | 85          | 85               | 89 deg, 26 min, 21.87 sec. W | 13 deg, 21 min, 1.80 sec. N  | 80         |
|         |                      |                              |                              |             |           | GAMMA_60 | 4          | 267      | 85          | 85               | 89 deg, 26 min, 21.87 sec. W | 13 deg, 21 min, 1.80 sec. N  | 80         |
|         |                      |                              |                              |             |           | ALFA_50  | 0          | 15       | 85          | 85               | 89 deg, 32 min, 2.00 sec. W  | 13 deg, 19 min, 55.00 sec. N | 50         |
| 60      | LA_CONCORDIA         | 89 deg, 32 min, 2.00 sec. W  | 13 deg, 19 min, 55.00 sec. N | 77          | 8         | BETA_50  | 3          | 113      | 85          | 85               | 89 deg, 32 min, 2.00 sec. W  | 13 deg, 19 min, 55.00 sec. N | 50         |
|         |                      |                              |                              |             |           | GAMMA_50 | 3          | 290      | 85          | 85               | 89 deg, 32 min, 2.00 sec. W  | 13 deg, 19 min, 55.00 sec. N | 50         |
|         |                      |                              |                              |             |           | ALFA_50  | 3          | 135      | 85          | 85               | 89 deg, 52 min, 7.01 sec. W  | 13 deg, 31 min, 8.00 sec. N  | 50         |
| 61      | ZACATECOLUCA         | 89 deg, 52 min, 7.01 sec. W  | 13 deg, 31 min, 8.00 sec. N  | 259         | 6         | BETA_50  | 5          | 231      | 85          | 85               | 89 deg, 52 min, 7.01 sec. W  | 13 deg, 31 min, 8.00 sec. N  | 50         |
|         |                      |                              |                              |             |           | GAMMA_50 | 0          | 112      | 85          | 85               | 89 deg, 50 min, 40.44 sec. W | 13 deg, 20 min, 6.90 sec. N  | 50         |
|         |                      |                              |                              |             |           | BETA_50  | 0          | 242      | 85          | 85               | 89 deg, 50 min, 40.44 sec. W | 13 deg, 20 min, 6.90 sec. N  | 50         |
|         |                      |                              |                              |             |           | GAMMA_50 | 0          | 328      | 85          | 85               | 89 deg, 50 min, 40.44 sec. W | 13 deg, 20 min, 6.90 sec. N  | 50         |
| 62      | LA_UNION             | 87 deg, 50 min, 40.44 sec. W | 13 deg, 20 min, 6.90 sec. N  | 20          | 6         | ALFA_50  | 3          | 118      | 85          | 85               | 89 deg, 54 min, 5.42 sec. W  | 13 deg, 39 min, 4.20 sec. N  | 50         |
|         |                      |                              |                              |             |           | BETA_50  | 3          | 275      | 85          | 85               | 89 deg, 54 min, 5.42 sec. W  | 13 deg, 39 min, 4.20 sec. N  | 50         |
|         |                      |                              |                              |             |           | GAMMA_50 | 3          | 290      | 85          | 85               | 89 deg, 29 min, 59.01 sec. W | 13 deg, 44 min, 63.00 sec. N | 70         |
| 63      | COSTA_AZUL           | 89 deg, 54 min, 5.42 sec. W  | 13 deg, 39 min, 4.20 sec. N  | 4           | 6         | ALFA_70  | 4          | 80       | 85          | 85               | 89 deg, 29 min, 59.01 sec. W | 13 deg, 44 min, 63.00 sec. N | 70         |
|         |                      |                              |                              |             |           | BETA_70  | 3          | 295      | 85          | 85               | 89 deg, 29 min, 59.01 sec. W | 13 deg, 44 min, 63.00 sec. N | 70         |
|         |                      |                              |                              |             |           | GAMMA_70 | 3          | 130      | 85          | 85               | 89 deg, 29 min, 59.01 sec. W | 13 deg, 44 min, 63.00 sec. N | 70         |
| 64      | ARMENIA              | 89 deg, 29 min, 59.01 sec. W | 13 deg, 44 min, 63.00 sec. N | 639         | 8         | ALFA_80  | 4          | 0        | 85          | 85               | 89 deg, 54 min, 35.00 sec. W | 13 deg, 9 min, 55.00 sec. N  | 80         |
|         |                      |                              |                              |             |           | BETA_80  | 3          | 390      | 85          | 85               | 89 deg, 54 min, 35.00 sec. W | 13 deg, 9 min, 55.00 sec. N  | 80         |
|         |                      |                              |                              |             |           | GAMMA_80 | 3          | 305      | 85          | 85               | 89 deg, 54 min, 35.00 sec. W | 13 deg, 9 min, 55.00 sec. N  | 80         |
| 65      | EL_TAMARINDO         | 87 deg, 54 min, 35.00 sec. W | 13 deg, 9 min, 55.00 sec. N  | 5           | 6         | ALFA_50  | 5          | 180      | 85          | 85               | 89 deg, 7 min, 19.01 sec. W  | 13 deg, 37 min, 31.00 sec. N | 30         |
|         |                      |                              |                              |             |           | BETA_50  | 5          | 322      | 85          | 85               | 89 deg, 7 min, 19.01 sec. W  | 13 deg, 37 min, 31.00 sec. N | 30         |
|         |                      |                              |                              |             |           | GAMMA_50 | 5          | 322      | 85          | 85               | 89 deg, 4 min, 50.70 sec. W  | 13 deg, 43 min, 32.00 sec. N | 80         |
| 66      | COSTA_DEL_SOL_3      | 89 deg, 54 min, 15.00 sec. W | 13 deg, 17 min, 57.00 sec. N | 0           | 6         | ALFA_80  | 0          | 80       | 85          | 85               | 89 deg, 4 min, 50.70 sec. W  | 13 deg, 43 min, 32.00 sec. N | 80         |
|         |                      |                              |                              |             |           | BETA_80  | 1          | 300      | 85          | 85               | 89 deg, 4 min, 50.70 sec. W  | 13 deg, 43 min, 32.00 sec. N | 80         |
|         |                      |                              |                              |             |           | GAMMA_80 | 1          | 300      | 85          | 85               | 89 deg, 4 min, 50.70 sec. W  | 13 deg, 43 min, 32.00 sec. N | 80         |
| 67      | SANTO_TOMAS          | 89 deg, 7 min, 19.01 sec. W  | 13 deg, 37 min, 31.00 sec. N | 756         | 8         | ALFA_80  | 1          | 80       | 85          | 85               | 89 deg, 0 min, 9.08 sec. W   | 13 deg, 41 min, 24.00 sec. N | 80         |
|         |                      |                              |                              |             |           | BETA_80  | 1          | 320      | 85          | 85               | 89 deg, 0 min, 9.08 sec. W   | 13 deg, 41 min, 24.00 sec. N | 80         |
|         |                      |                              |                              |             |           | GAMMA_80 | 0          | 20       | 85          | 85               | 89 deg, 44 min, 24.00 sec. W | 13 deg, 45 min, 55.00 sec. N | 80         |
| 68      | GARITA_PALMERA       | 90 deg, 4 min, 50.70 sec. W  | 13 deg, 43 min, 32.00 sec. N | 0           | 6         | BETA_80  | 8          | 290      | 85          | 85               | 89 deg, 44 min, 24.00 sec. W | 13 deg, 45 min, 55.00 sec. N | 80         |
|         |                      |                              |                              |             |           | ALFA_80  | 1          | 90       | 85          | 85               | 89 deg, 40 min, 21.99 sec. W | 13 deg, 59 min, 10.20 sec. N | 70         |
|         |                      |                              |                              |             |           | BETA_80  | 0          | 260      | 85          | 85               | 89 deg, 40 min, 21.99 sec. W | 13 deg, 59 min, 10.20 sec. N | 70         |
| 69      | BARRA_DE_SANTIAGO    | 90 deg, 0 min, 9.08 sec. W   | 13 deg, 41 min, 24.00 sec. N | 0           | 6         | ALFA_70  | 4          | 92       | 85          | 85               | 89 deg, 45 min, 18.59 sec. W | 13 deg, 58 min, 0.30 sec. N  | 70         |
|         |                      |                              |                              |             |           | BETA_70  | 1          | 75       | 85          | 85               | 89 deg, 45 min, 18.59 sec. W | 13 deg, 58 min, 0.30 sec. N  | 70         |
|         |                      |                              |                              |             |           | GAMMA_70 | 1          | 249      | 85          | 85               | 89 deg, 45 min, 18.59 sec. W | 13 deg, 58 min, 0.30 sec. N  | 70         |
| 70      | JUAYJA               | 89 deg, 44 min, 24.00 sec. W | 13 deg, 49 min, 55.00 sec. N | 0           | 6         | ALFA_70  | 2          | 307      | 85          | 85               | 89 deg, 45 min, 18.59 sec. W | 13 deg, 58 min, 0.30 sec. N  | 70         |
|         |                      |                              |                              |             |           | BETA_70  | 1          | 307      | 85          | 85               | 89 deg, 45 min, 18.59 sec. W | 13 deg, 58 min, 0.30 sec. N  | 70         |
|         |                      |                              |                              |             |           | GAMMA_70 | 1          | 307      | 85          | 85               | 89 deg, 45 min, 18.59 sec. W | 13 deg, 58 min, 0.30 sec. N  | 70         |
| 71      | CHALCHUAPA           | 89 deg, 40 min, 21.99 sec. W | 13 deg, 59 min, 10.20 sec. N | 704         | 8         | ALFA_70  | 1          | 75       | 85          | 85               | 89 deg, 45 min, 18.59 sec. W | 13 deg, 58 min, 0.30 sec. N  | 70         |
|         |                      |                              |                              |             |           | BETA_70  | 1          | 249      | 85          | 85               | 89 deg, 45 min, 18.59 sec. W | 13 deg, 58 min, 0.30 sec. N  | 70         |
|         |                      |                              |                              |             |           | GAMMA_70 | 1          | 307      | 85          | 85               | 89 deg, 45 min, 18.59 sec. W | 13 deg, 58 min, 0.30 sec. N  | 70         |
| 72      | ATIQUIZAYA           | 89 deg, 45 min, 18.59 sec. W | 13 deg, 58 min, 0.30 sec. N  | 630         | 8         | ALFA_70  | 1          | 75       | 85          | 85               | 89 deg, 45 min, 18.59 sec. W | 13 deg, 58 min, 0.30 sec. N  | 70         |
|         |                      |                              |                              |             |           | BETA_70  | 1          | 249      | 85          | 85               | 89 deg, 45 min, 18.59 sec. W | 13 deg, 58 min, 0.30 sec. N  | 70         |
|         |                      |                              |                              |             |           | GAMMA_70 | 1          | 307      | 85          | 85               | 89 deg, 45 min, 18.59 sec. W | 13 deg, 58 min, 0.30 sec. N  | 70         |
| 73      | AHUACHAPAN           | 89 deg, 50 min, 17.01 sec. W | 13 deg, 55 min, 26.00 sec. N | 802         | 8         | ALFA_70  |            |          |             |                  |                              |                              |            |

Tabla 43: ( Continuación )

| Cell No | Cell Name             | Cell Longit.                 | Cell Latit.                  | Cell Eleva. | Cell Rad. | Ant Name | Ant Height | Ant Tilt | Ant Azimuth | Ant Sector Width | Ant Latitude                 | Ant Longitude                | Ant Eleva |
|---------|-----------------------|------------------------------|------------------------------|-------------|-----------|----------|------------|----------|-------------|------------------|------------------------------|------------------------------|-----------|
| 96      | APASTEPEQUE           | 88 deg, 45 min, 0.91 sec, W  | 13 deg, 40 min, 47.50 sec, N | 523         | 8         | ALFA     | 70         | 0        | 177         | 65               | 88 deg, 45 min, 0.91 sec, W  | 13 deg, 40 min, 47.50 sec, N | 70        |
|         |                       |                              |                              |             |           | BETA     | 70         | 0        | 294         | 65               | 88 deg, 45 min, 0.91 sec, W  | 13 deg, 40 min, 47.50 sec, N | 70        |
|         |                       |                              |                              |             |           | GAMMA    | 70         | 0        | 0           | 65               | 88 deg, 45 min, 0.91 sec, W  | 13 deg, 40 min, 47.50 sec, N | 70        |
| 97      | EL_SITIO              | 88 deg, 17 min, 38.31 sec, W | 13 deg, 31 min, 30.70 sec, N | 390         | 8         | ALFA     | 70         | 2        | 107         | 65               | 88 deg, 17 min, 38.31 sec, W | 13 deg, 31 min, 30.70 sec, N | 70        |
|         |                       |                              |                              |             |           | BETA     | 70         | 2        | 107         | 65               | 88 deg, 17 min, 38.31 sec, W | 13 deg, 31 min, 30.70 sec, N | 70        |
|         |                       |                              |                              |             |           | GAMMA    | 70         | 2        | 283         | 65               | 88 deg, 17 min, 38.31 sec, W | 13 deg, 31 min, 30.70 sec, N | 70        |
| 98      | SANTA_ANITA           | 88 deg, 6 min, 46.00 sec, W  | 13 deg, 33 min, 16.60 sec, N | 140         | 8         | ALFA     | 60         | 0        | 80          | 65               | 88 deg, 6 min, 46.00 sec, W  | 13 deg, 33 min, 16.60 sec, N | 60        |
|         |                       |                              |                              |             |           | BETA     | 60         | 0        | 230         | 65               | 88 deg, 6 min, 46.00 sec, W  | 13 deg, 33 min, 16.60 sec, N | 60        |
|         |                       |                              |                              |             |           | GAMMA    | 60         | 0        | 0           | 65               | 88 deg, 6 min, 46.00 sec, W  | 13 deg, 33 min, 16.60 sec, N | 60        |
| 99      | SIRAMA                | 87 deg, 58 min, 1.18 sec, W  | 13 deg, 20 min, 30.80 sec, N | 299         | 8         | ALFA     | 60         | 7        | 90          | 65               | 87 deg, 58 min, 1.18 sec, W  | 13 deg, 20 min, 30.80 sec, N | 60        |
|         |                       |                              |                              |             |           | BETA     | 60         | 6        | 315         | 65               | 87 deg, 58 min, 1.18 sec, W  | 13 deg, 20 min, 30.80 sec, N | 60        |
|         |                       |                              |                              |             |           | GAMMA    | 60         | 6        | 0           | 65               | 87 deg, 58 min, 1.18 sec, W  | 13 deg, 20 min, 30.80 sec, N | 60        |
| 100     | MIRAFLORES            | 88 deg, 3 min, 50.08 sec, W  | 13 deg, 24 min, 35.70 sec, N | 80          | 8         | ALFA     | 70         | 0        | 110         | 65               | 88 deg, 3 min, 50.08 sec, W  | 13 deg, 24 min, 35.70 sec, N | 70        |
|         |                       |                              |                              |             |           | BETA     | 70         | 0        | 200         | 65               | 88 deg, 3 min, 50.08 sec, W  | 13 deg, 24 min, 35.70 sec, N | 70        |
|         |                       |                              |                              |             |           | GAMMA    | 70         | 0        | 0           | 65               | 88 deg, 3 min, 50.08 sec, W  | 13 deg, 24 min, 35.70 sec, N | 70        |
| 101     | UCCORO                | 88 deg, 2 min, 34.41 sec, W  | 13 deg, 36 min, 28.00 sec, N | 248         | 8         | ALFA     | 70         | 3        | 80          | 65               | 88 deg, 2 min, 34.41 sec, W  | 13 deg, 36 min, 28.00 sec, N | 70        |
|         |                       |                              |                              |             |           | BETA     | 70         | 3        | 235         | 65               | 88 deg, 2 min, 34.41 sec, W  | 13 deg, 36 min, 28.00 sec, N | 70        |
|         |                       |                              |                              |             |           | GAMMA    | 70         | 3        | 0           | 65               | 88 deg, 2 min, 34.41 sec, W  | 13 deg, 36 min, 28.00 sec, N | 70        |
| 102     | SANTA_ROSA_DE_LIMA    | 87 deg, 53 min, 39.90 sec, W | 13 deg, 37 min, 30.60 sec, N | 97          | 8         | ALFA     | 70         | 0        | 80          | 65               | 87 deg, 53 min, 39.90 sec, W | 13 deg, 37 min, 30.60 sec, N | 70        |
|         |                       |                              |                              |             |           | BETA     | 70         | 0        | 210         | 65               | 87 deg, 53 min, 39.90 sec, W | 13 deg, 37 min, 30.60 sec, N | 70        |
|         |                       |                              |                              |             |           | GAMMA    | 70         | 0        | 0           | 65               | 87 deg, 53 min, 39.90 sec, W | 13 deg, 37 min, 30.60 sec, N | 70        |
| 103     | PASAQUINA             | 87 deg, 49 min, 12.69 sec, W | 13 deg, 34 min, 40.30 sec, N | 41          | 8         | ALFA     | 70         | 0        | 80          | 65               | 87 deg, 49 min, 12.69 sec, W | 13 deg, 34 min, 40.30 sec, N | 70        |
|         |                       |                              |                              |             |           | BETA     | 70         | 0        | 190         | 65               | 87 deg, 49 min, 12.69 sec, W | 13 deg, 34 min, 40.30 sec, N | 70        |
|         |                       |                              |                              |             |           | GAMMA    | 70         | 2        | 330         | 65               | 87 deg, 49 min, 12.69 sec, W | 13 deg, 34 min, 40.30 sec, N | 70        |
| 104     | HATO_NUEVO            | 87 deg, 51 min, 2.00 sec, W  | 13 deg, 28 min, 34.40 sec, N | 24          | 8         | ALFA     | 60         | 5        | 210         | 65               | 87 deg, 51 min, 2.00 sec, W  | 13 deg, 28 min, 34.40 sec, N | 60        |
|         |                       |                              |                              |             |           | BETA     | 60         | 1        | 365         | 65               | 87 deg, 51 min, 2.00 sec, W  | 13 deg, 28 min, 34.40 sec, N | 60        |
|         |                       |                              |                              |             |           | GAMMA    | 60         | 0        | 0           | 65               | 87 deg, 51 min, 2.00 sec, W  | 13 deg, 28 min, 34.40 sec, N | 60        |
| 105     | PUERTO_EL_TRIUNFO     | 88 deg, 32 min, 56.00 sec, W | 13 deg, 16 min, 38.10 sec, N | 4           | 8         | ALFA     | 60         | 0        | 120         | 65               | 88 deg, 32 min, 56.00 sec, W | 13 deg, 16 min, 38.10 sec, N | 60        |
|         |                       |                              |                              |             |           | BETA     | 60         | 0        | 230         | 65               | 88 deg, 32 min, 56.00 sec, W | 13 deg, 16 min, 38.10 sec, N | 60        |
|         |                       |                              |                              |             |           | GAMMA    | 60         | 5        | 350         | 65               | 88 deg, 32 min, 56.00 sec, W | 13 deg, 16 min, 38.10 sec, N | 60        |
| 106     | EL_CUCO               | 88 deg, 6 min, 16.20 sec, W  | 13 deg, 10 min, 26.20 sec, N | 2           | 8         | ALFA     | 70         | 0        | 75          | 65               | 88 deg, 6 min, 16.20 sec, W  | 13 deg, 10 min, 26.20 sec, N | 70        |
|         |                       |                              |                              |             |           | BETA     | 70         | 0        | 240         | 65               | 88 deg, 6 min, 16.20 sec, W  | 13 deg, 10 min, 26.20 sec, N | 70        |
|         |                       |                              |                              |             |           | GAMMA    | 70         | 0        | 0           | 65               | 88 deg, 6 min, 16.20 sec, W  | 13 deg, 10 min, 26.20 sec, N | 70        |
| 107     | SAN_FRANCISCO_GOTER A | 88 deg, 5 min, 42.06 sec, W  | 13 deg, 41 min, 40.30 sec, N | 384         | 8         | ALFA     | 60         | 4        | 180         | 65               | 88 deg, 5 min, 42.06 sec, W  | 13 deg, 41 min, 40.30 sec, N | 60        |
|         |                       |                              |                              |             |           | BETA     | 60         | 4        | 280         | 65               | 88 deg, 5 min, 42.06 sec, W  | 13 deg, 41 min, 40.30 sec, N | 60        |
|         |                       |                              |                              |             |           | GAMMA    | 60         | 7        | 40          | 65               | 88 deg, 5 min, 42.06 sec, W  | 13 deg, 41 min, 40.30 sec, N | 60        |
| 108     | SAN_LUIS_LA_REINA     | 88 deg, 20 min, 28.7 sec, W  | 13 deg, 48 min, 08.00 sec, N | 0           | 8         | ALFA     | 60         | 7        | 40          | 65               | 88 deg, 20 min, 28.7 sec, W  | 13 deg, 48 min, 08.00 sec, N | 60        |
|         |                       |                              |                              |             |           | BETA     | 60         | 7        | 125         | 65               | 88 deg, 20 min, 28.7 sec, W  | 13 deg, 48 min, 08.00 sec, N | 60        |
|         |                       |                              |                              |             |           | GAMMA    | 60         | 2        | 250         | 65               | 88 deg, 20 min, 28.7 sec, W  | 13 deg, 48 min, 08.00 sec, N | 60        |
| 109     | CALAVERA              | 87 deg, 58 min, 25.41 sec, W | 13 deg, 37 min, 9.40 sec, N  | 211         | 8         | ALFA     | 70         | 3        | 130         | 65               | 87 deg, 58 min, 25.41 sec, W | 13 deg, 37 min, 9.40 sec, N  | 70        |
|         |                       |                              |                              |             |           | BETA     | 70         | 2        | 370         | 65               | 87 deg, 58 min, 25.41 sec, W | 13 deg, 37 min, 9.40 sec, N  | 70        |
|         |                       |                              |                              |             |           | GAMMA    | 70         | 4        | 150         | 65               | 87 deg, 58 min, 25.41 sec, W | 13 deg, 37 min, 9.40 sec, N  | 70        |
| 110     | LA_CEBITA             | 88 deg, 40 min, 24.41 sec, W | 13 deg, 35 min, 1.30 sec, N  | 412         | 8         | ALFA     | 70         | 2        | 300         | 65               | 88 deg, 40 min, 24.41 sec, W | 13 deg, 35 min, 1.30 sec, N  | 70        |
|         |                       |                              |                              |             |           | BETA     | 70         | 2        | 300         | 65               | 88 deg, 40 min, 24.41 sec, W | 13 deg, 35 min, 1.30 sec, N  | 70        |
|         |                       |                              |                              |             |           | GAMMA    | 70         | 2        | 0           | 65               | 88 deg, 40 min, 24.41 sec, W | 13 deg, 35 min, 1.30 sec, N  | 70        |
| 111     | EMBARCADERO           | 87 deg, 54 min, 2.09 sec, W  | 13 deg, 23 min, 56.90 sec, N | 46          | 8         | ALFA     | 60         | 2        | 190         | 65               | 87 deg, 54 min, 2.09 sec, W  | 13 deg, 23 min, 56.90 sec, N | 60        |
|         |                       |                              |                              |             |           | BETA     | 60         | 2        | 190         | 65               | 87 deg, 54 min, 2.09 sec, W  | 13 deg, 23 min, 56.90 sec, N | 60        |
|         |                       |                              |                              |             |           | GAMMA    | 60         | 2        | 0           | 65               | 87 deg, 54 min, 2.09 sec, W  | 13 deg, 23 min, 56.90 sec, N | 60        |
| 112     | SAN_DIEGO             | 89 deg, 16 min, 49.92 sec, W | 13 deg, 28 min, 55.30 sec, N | 26          | 8         | ALFA     | 60         | 0        | 190         | 65               | 89 deg, 16 min, 49.92 sec, W | 13 deg, 28 min, 55.30 sec, N | 60        |
|         |                       |                              |                              |             |           | BETA     | 60         | 0        | 270         | 65               | 89 deg, 16 min, 49.92 sec, W | 13 deg, 28 min, 55.30 sec, N | 60        |
|         |                       |                              |                              |             |           | GAMMA    | 60         | 0        | 0           | 65               | 89 deg, 16 min, 49.92 sec, W | 13 deg, 28 min, 55.30 sec, N | 60        |
| 113     | MERLIOT               | 89 deg, 16 min, 19.40 sec, W | 13 deg, 40 min, 56.80 sec, N | 909         | 2         | ALFA     | 30         | 10       | 140         | 65               | 89 deg, 16 min, 19.40 sec, W | 13 deg, 40 min, 56.80 sec, N | 30        |
|         |                       |                              |                              |             |           | BETA     | 30         | 8        | 340         | 65               | 89 deg, 16 min, 19.40 sec, W | 13 deg, 40 min, 56.80 sec, N | 30        |
|         |                       |                              |                              |             |           | GAMMA    | 30         | 0        | 0           | 65               | 89 deg, 16 min, 19.40 sec, W | 13 deg, 40 min, 56.80 sec, N | 30        |
| 114     | SAQUIRO               | 89 deg, 13 min, 26.53 sec, W | 13 deg, 41 min, 19.06 sec, N | 787         | 2         | ALFA     | 30         | 3        | 40          | 65               | 89 deg, 13 min, 26.53 sec, W | 13 deg, 41 min, 19.06 sec, N | 30        |
|         |                       |                              |                              |             |           | BETA     | 30         | 5        | 185         | 65               | 89 deg, 13 min, 26.53 sec, W | 13 deg, 41 min, 19.06 sec, N | 30        |
|         |                       |                              |                              |             |           | GAMMA    | 30         | 8        | 290         | 65               | 89 deg, 13 min, 26.53 sec, W | 13 deg, 41 min, 19.06 sec, N | 30        |
| 115     | FENADESAL             | 88 deg, 10 min, 37.51 sec, W | 13 deg, 41 min, 52.40 sec, N | 609         | 2         | ALFA     | 30         | 4        | 220         | 65               | 88 deg, 10 min, 37.51 sec, W | 13 deg, 41 min, 52.40 sec, N | 30        |
|         |                       |                              |                              |             |           | BETA     | 30         | 4        | 350         | 65               | 88 deg, 10 min, 37.51 sec, W | 13 deg, 41 min, 52.40 sec, N | 30        |
|         |                       |                              |                              |             |           | GAMMA    | 30         | 0        | 0           | 65               | 88 deg, 10 min, 37.51 sec, W | 13 deg, 41 min, 52.40 sec, N | 30        |
| 116     | CONCEPCION            | 89 deg, 9 min, 9.40 sec, W   | 13 deg, 42 min, 0.21 sec, N  | 638         | 2         | ALFA     | 30         | 5        | 60          | 65               | 89 deg, 9 min, 9.40 sec, W   | 13 deg, 42 min, 0.21 sec, N  | 30        |
|         |                       |                              |                              |             |           | BETA     | 30         | 3        | 140         | 65               | 89 deg, 9 min, 9.40 sec, W   | 13 deg, 42 min, 0.21 sec, N  | 30        |
|         |                       |                              |                              |             |           | GAMMA    | 30         | 1        | 30          | 65               | 89 deg, 9 min, 9.40 sec, W   | 13 deg, 42 min, 0.21 sec, N  | 30        |
| 117     | LA_PAZ                | 89 deg, 7 min, 50.10 sec, W  | 13 deg, 42 min, 0.21 sec, N  | 800         | 2         | ALFA     | 30         | 4        | 280         | 65               | 89 deg, 7 min, 50.10 sec, W  | 13 deg, 42 min, 0.21 sec, N  | 30        |
|         |                       |                              |                              |             |           | BETA     | 30         | 4        | 280         | 65               | 89 deg, 7 min, 50.10 sec, W  | 13 deg, 42 min, 0.21 sec, N  | 30        |
|         |                       |                              |                              |             |           | GAMMA    | 30         | 1        | 300         | 65               | 89 deg, 7 min, 50.10 sec, W  | 13 deg, 42 min, 0.21 sec, N  | 30        |
| 118     | CUSCATANCINGO         | 89 deg, 10 min, 54.81 sec, W | 13 deg, 43 min, 25.20 sec, N | 580         | 2         | ALFA     | 30         | 5        | 110         | 65               | 89 deg, 10 min, 54.81 sec, W | 13 deg, 43 min, 25.20 sec, N | 30        |
|         |                       |                              |                              |             |           | BETA     | 30         | 5        | 110         | 65               | 89 deg, 10 min, 54.81 sec, W | 13 deg, 43 min, 25.20 sec, N | 30        |
|         |                       |                              |                              |             |           | GAMMA    | 30         | 6        | 305         | 65               | 89 deg, 10 min, 54.81 sec, W | 13 deg, 43 min, 25.20 sec, N | 30        |
| 119     | AGUILARES             | 89 deg, 12 min, 18.00 sec, W | 13 deg, 57 min, 33.00 sec, N | 50          | 8         | ALFA     | 60         | 1        | 40          | 65               | 89 deg, 12 min, 18.00 sec, W | 13 deg, 57 min, 33.00 sec, N | 60        |
|         |                       |                              |                              |             |           | BETA     | 60         | 1        | 150         | 65               | 89 deg, 12 min, 18.00 sec, W | 13 deg, 57 min, 33.00 sec, N | 60        |
|         |                       |                              |                              |             |           | GAMMA    | 60         | 6        | 30          | 65               | 89 deg, 12 min, 18.00 sec, W | 13 deg, 57 min, 33.00 sec, N | 60        |
| 120     | SAN_ANTONIO           | 89 deg, 13 min, 38.81 sec, W | 13 deg, 43 min, 11.80 sec, N | 796         | 2         | ALFA     | 30         | 6        | 30          | 65               | 89 deg, 13 min, 38.81 sec, W | 13 deg, 43 min, 11.80 sec, N | 30        |
|         |                       |                              |                              |             |           | BETA     | 30         | 5        | 240         | 65               | 89 deg, 13 min, 38.81 sec, W | 13 deg, 43 min, 11.80 sec, N | 30        |
|         |                       |                              |                              |             |           | GAMMA    | 30         | 2        | 350         | 65               | 89 deg, 13 min, 38.81 sec, W | 13 deg, 43 min, 11.80 sec, N | 30        |
| 121     | MARIONA               | 89 deg, 10 min, 42.70 sec, W | 13 deg, 46 min, 24.30 sec, N | 479         | 2         | ALFA     | 40         | 8        | 70          | 65               | 89 deg, 10 min, 42.70 sec, W | 13 deg, 46 min, 24.30 sec, N | 40        |
|         |                       |                              |                              |             |           | BETA     | 40         | 0        | 215         | 65               | 89 deg, 10 min, 42.70 sec, W | 13 deg, 46 min, 24.30 sec, N | 40        |
|         |                       |                              |                              |             |           | GAMMA    | 40         | 0        | 310         | 65               | 89 deg, 10 min, 42.70 sec, W | 13 deg, 46 min, 24.30 sec, N | 40        |
| 122     | NEJAPA                | 89 deg, 13 min, 36.31 sec, W | 13 deg, 46 min, 16.50 sec, N | 481         | 3         | ALFA     | 40         | 3        | 110         | 65               | 89 deg, 13 min, 36.31 sec, W | 13 deg, 46 min, 16.50 sec, N | 40        |
|         |                       |                              |                              |             |           | BETA     | 40         | 0        | 280         | 65               | 89 deg, 13 min, 36.31 sec, W | 13 deg, 46 min, 16.50 sec, N | 40        |
|         |                       |                              |                              |             |           | GAMMA    | 40         | 0        | 350         | 65               | 89 deg, 13 min, 36.31 sec, W | 13 deg, 46 min, 16.50 sec, N | 40        |
| 124     | TIKAL                 | 89 deg, 10 min, 49.51 sec, W | 13 deg, 49 min, 22.40 sec, N | 432         | 3         | ALFA     | 40         | 2        | 110</       |                  |                              |                              |           |

## Características técnicas de unidades móviles empleadas.

## Unidad móvil de DIGICEL

### Características técnicas:

Fabricante: Nokia

Modelo: 6210 V3.3

Tecnología de acceso: GSM

Banda: 900Mhz

Operador de Red Nacional: DIGICEL

Disponibilidad comercial: No

Aplicación general: Monitor de RED para GSM Drive System.



### Despliegue en pantalla:

- 1- Nivel de Rx (dBm) Ch1
- 2 -ARFCN Ch1
- 3- BCCH sector A
- 4- BCCH sector B
- 5- BCCH sector C
- 6- ID Cell



## Unidad móvil de Telefónica

### Características técnicas:

Fabricante: Motorola

Modelo: Timeport 270A-SCH.

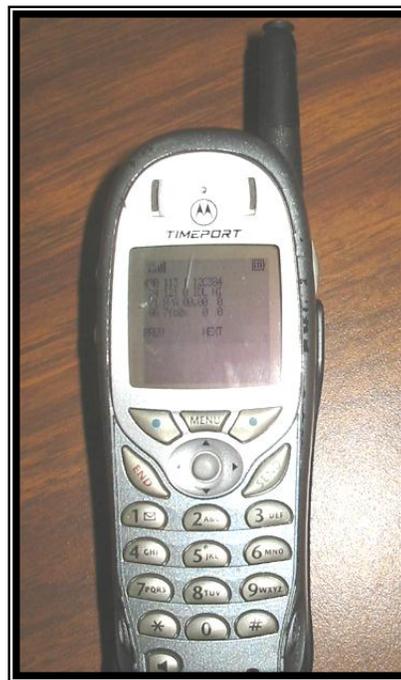
Tecnología de acceso: CDMA

Banda: 900Mhz

Operador de Red Nacional: Telefónica

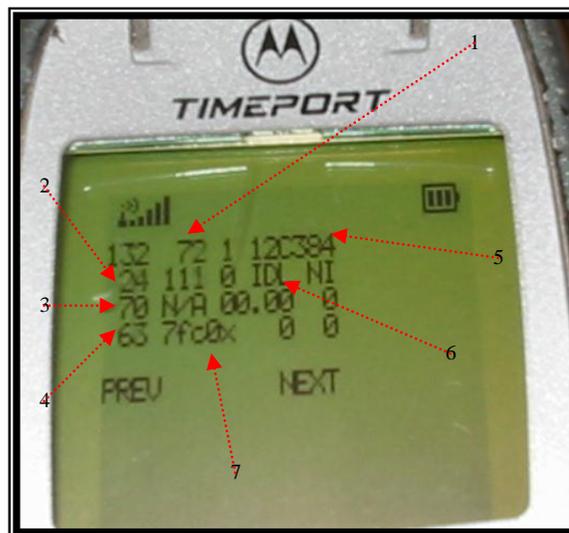
Disponibilidad comercial: No

Aplicación general: Monitor de RED para CDMA Drive System.



### Despliegue en pantalla:

- 1- Nivel de Rx (-dBm)
- 2- BCCH sector A
- 3- BCCH sector B
- 4- BCCH sector C
- 5- ID Cell
- 6- Modo de operación
- 7- Código de cifrado



## Unidad móvil de Telemóvil

### Características técnicas:

Fabricante: Nokia

Modelo: 6161

Tecnología de acceso: D-AMPS (TDMA)

Banda: 800Mhz

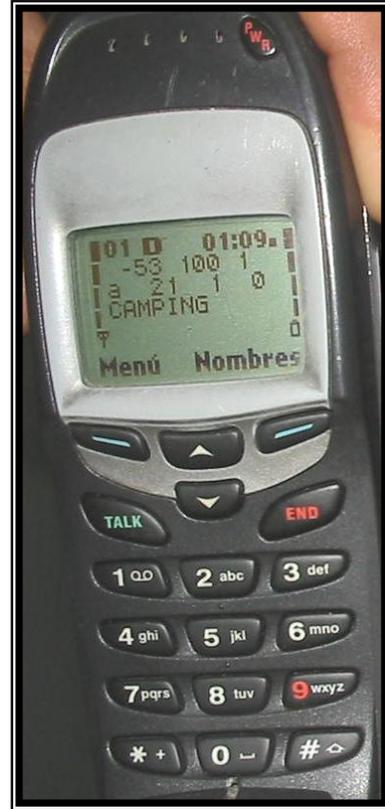
Operador de Red Nacional: Telemovil

Disponibilidad comercial: Si

Aplicación general: Monitor de RED para TDMA.

Secuencia de pasos para activar modo Ingeniería:

- Código: \* 3001 # 12345 #
- Seleccionar : Test mode
- Reiniciar el móvil
- Seleccionar pantalla 01



### Despliegue en pantalla:

- 1- Nivel de Rx (dBm)
- 2- ARFCN de Rx
- 3- BCCH sector A
- 4- BCCH sector B
- 5- BCCH sector C

