



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

“ANÁLISIS DE LAS INTERFERENCIAS PERJUDICIALES A LAS FRECUENCIAS DEL SERVICIO MÓVIL AVANZADO, PROVOCADAS POR TELÉFONOS INALÁMBRICOS-DECT UTILIZADOS EN TELEFONÍA FIJA”

ROMULO AGUSTÍN CORTEZ MANZANO

Trabajo de Titulación modalidad: Proyectos de Investigación y Desarrollo, presentado ante el Instituto de Posgrado y Educación Continua de la ESPOCH, como requisito parcial para la obtención del grado de:

MAGISTER EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES

Riobamba – Ecuador

Mayo - 2019

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

CERTIFICACIÓN:

EL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, titulado: “ANÁLISIS DE LAS INTERFERENCIAS PERJUDICIALES A LAS FRECUENCIAS DEL SERVICIO MÓVIL AVANZADO, PROVOCADAS POR TELÉFONOS INALÁMBRICOS-DECT UTILIZADOS EN TELEFONÍA FIJA”, de responsabilidad del señor Rómulo Agustín Cortez Manzano, ha sido prolijamente revisado y se autoriza su presentación.

Ing. Fredy Proaño Ortiz; PhD.

PRESIDENTE

FIRMA

Ing. William Calvopiña Hinojosa, Mag.

DIRECTOR

FIRMA

Ing. Mariano Zavala Angamarca Mag.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

FIRMA

Ing. Jorge Hidalgo Bourgeat; Mag

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

FIRMA

Riobamba, mayo de 2019

DERECHOS INTELECTUALES

Yo, Rómulo Agustín Cortez Manzano, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, y que el patrimonio intelectual generado por la misma pertenece exclusivamente a la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo.

RÓMULO AGUSTÍN CORTEZ MANZANO

No. Cédula: 060327692-4

© 2019, Rómulo Agustín Cortez Manzano.

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Rómulo Agustín Cortez Manzano, declaro que el presente proyecto de investigación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación de Maestría.

RÓMULO AGUSTÍN CORTEZ MANZANO

No. Cédula: 060327692-4

DEDICATORIA

Mi trabajo de maestría lo dedico con todo cariño: A mis hijos, José Danniell, Julián Agustín, Kristel Rafaela, por ser mi fuente de motivación para alcanzar el objetivo propuesto. A mi querida esposa por su sacrificio y esfuerzo, por ser mi soporte. A mi madre y familia por brindarme su apoyo y otorgarme sus consejos sabiamente. A mis compañeros de aula, a mis docentes y amigos por estar compartiendo y apoyándome desinteresadamente en todo momento.

AGRADECIMIENTO

En primera instancia agradezco a Dios, a la vida por darme la oportunidad de cursar y concluir con la titulación de esta maestría.

Expreso también el agradecimiento a mis maestros por se guía y transmisores del conocimiento.

Expreso mi gratitud y agradecimiento al Ing. William Calvopiña, director de este trabajo de investigación, a mis tutores Ing. Martin Zavala e Ing. Jorge Hidalgo por su apoyo.

A mis compañeros y a mis amigos invisibles agradezco por su contingente y acompañamiento en todo momento.

Agustín Cortez Manzano

CONTENIDO

| | Páginas |
|--|---------|
| RESUMEN..... | xvi |
| SUMMARY | xvii |
| CAPÍTULO I | |
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1 Planteamiento del Problema..... | 1 |
| 1.1.1 Situación Problemática..... | 1 |
| 1.1.2 Formulación del Problema | 3 |
| 1.1.2.1 Sistematización del Problema | 3 |
| 1.1.2.2 Justificación de la investigación..... | 3 |
| 1.1.2.3 Alcance de la investigación..... | 4 |
| 1.1.3 Objetivos de la investigación | 4 |
| 1.1.3.1 Objetivo general de la investigación | 4 |
| 1.1.3.2 Objetivos específicos de la investigación..... | 4 |
| 1.1.3.3 Hipótesis..... | 5 |
| CAPÍTULO II | |
| 2. MARCO TEÓRICO..... | 6 |
| 2.1 Antecedentes del problema | 6 |
| 2.2 Bases Teóricas..... | 7 |
| 2.2.1 Señales | 7 |
| 2.2.1.1 Señal Analógica | 7 |
| 2.2.1.2 Señal Digital..... | 7 |
| 2.2.1.3 Las Interferencias..... | 8 |
| 2.2.1.3.1 Relación de potencia de señal a ruido | 9 |
| 2.2.1.4 Interferencia por canal compartido | 9 |
| 2.2.1.4.1 Interferencia por canal adyacente..... | 11 |
| 2.2.1.4.2 Formas de radiocomunicación | 12 |
| 2.2.1.5 Teléfonos DECT: Digital Enhanced Cordless Telecommunications | 12 |

| | | |
|-----------|---|----|
| 2.2.1.6 | Analizador de espectro..... | 14 |
| 2.2.1.6.1 | Especificaciones Técnicas Generales..... | 14 |
| 2.2.1.6.2 | Funcionamiento..... | 15 |
| 2.2.1.6.3 | Forma de onda y su espectro..... | 15 |
| 2.2.1.6.4 | Utilización..... | 15 |
| 2.2.1.6.5 | Fenómeno Ondulatorio Luminoso..... | 16 |
| 2.2.1.6.6 | Fenómeno Ondulatorio Electromagnético..... | 16 |
| 2.2.1.6.7 | Analizador de Espectro Analógico..... | 17 |
| 2.2.1.6.8 | Analizador de Espectro Digital..... | 17 |
| 2.2.1.7 | BTS (Base Transceiver Station)..... | 18 |
| 2.2.1.7.1 | Radiobases CONECEL en la ciudad de Riobamba..... | 20 |
| 2.2.1.8 | Antena Cónica Wideband Products Division - Horn Antennas..... | 25 |
| 2.2.1.8.1 | Especificaciones Técnicas..... | 26 |

CAPÍTULO III

| | | |
|----------|---|----|
| 3. | METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN..... | 27 |
| 3.1 | Tipo de Investigación..... | 28 |
| 3.2 | Diseño de la Investigación..... | 28 |
| 3.3 | Métodos de Investigación..... | 28 |
| 3.3.1 | Método de la observación científica..... | 28 |
| 3.3.2 | Método de la Medición..... | 29 |
| 3.3.3 | Método analítico..... | 29 |
| 3.3.4 | Método sistémico..... | 29 |
| 3.4 | Enfoque de la investigación..... | 30 |
| 3.5 | Alcance Metodológico - Investigativo..... | 30 |
| 3.6 | Población de Estudio..... | 30 |
| 3.6.1 | Unidad de Análisis..... | 31 |
| 3.6.2 | Selección y tamaño de la muestra..... | 31 |
| 3.7 | Técnicas de recolección de datos primarios y secundarios..... | 31 |
| 3.8 | Instrumentos de recolección de datos primarios y secundarios..... | 32 |
| 3.9 | Instrumentos para la recolección y procesamiento de datos..... | 32 |
| 3.10 | Esquema del procedimiento y casos de medición..... | 32 |
| 3.10.1 | Detección de la interferencia por parte de la operadora del SMA..... | 33 |
| 3.10.1.1 | Determinar el sector aproximado de la interferencia / casos de estudio..... | 48 |
| 3.10.2 | Mediciones..... | 60 |

CAPÍTULO IV

| | | |
|-----------|---|----|
| 4. | DISCUSIÓN Y RESULTADOS..... | 74 |
| 4.1 | Procesamiento de la información..... | 74 |
| 4.2 | Resumen de los experimentos..... | 75 |
| 4.2.1 | Análisis de los resultados de los casos de estudio..... | 75 |
| 4.2.1.1 | Análisis de la primera señal interferente..... | 79 |
| 4.2.1.2 | Análisis de la segunda señal interferente..... | 80 |
| 4.2.1.3 | Análisis general teléfonos digitales..... | 81 |
| 4.2.2 | Prueba de la hipótesis..... | 83 |
| 4.2.2.1 | Variable independiente..... | 83 |
| 4.2.2.2 | Variable dependiente..... | 83 |
| 4.2.2.3 | Hipótesis Nula H_0 | 85 |
| 4.2.2.4 | Hipótesis Alternativa H_1 | 85 |
| 4.2.2.5 | Contraste de hipótesis..... | 86 |
| 4.2.2.5.1 | Hipótesis Nula contra Alternativa..... | 86 |
| 4.2.2.6 | Cuantificación de los indicadores..... | 87 |
| 4.2.2.7 | Desglose de los datos del estudio para determinar la hipótesis..... | 88 |

CAPÍTULO V

| | | |
|-----|------------------------------------|----|
| 5. | PROPUESTA..... | 91 |
| 5.1 | Descripción de las soluciones..... | 91 |
| | CONCLUSIONES..... | 95 |
| | RECOMENDACIONES..... | 96 |

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

| ABREVIATURAS | SIGNIFICADO |
|---------------------|--|
| 3G | Tercera generación de tecnologías de telefonía móvil |
| 4G | Cuarta generación de tecnologías de telefonía móvil |
| ARCOTEL | Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones |
| BTS | Base Transceiver Station |
| CB | Citizen Band |
| CNT | Corporación Nacional de Telecomunicaciones |
| COMEX | Ministerio de Comercio Exterior |
| CONECCEL | Consorcio Ecuatoriano de Telecomunicaciones |
| DECT | Digital Enhanced Cordless Telecommunications |
| EMC | Antenas de Compatibilidad Electromagnética |
| ETSI | European Telecommunications Standards Institute |
| FDMA | Frequency Division Multiple Access |
| FFT | Fast Fourier Transform |
| GPS | Sistema americano de navegación y localización mediante satélites. |
| GSM | Global System for Mobile communications |
| INEC | Instituto Nacional de Estadística y Censos |
| LTE | Long Term Evolution |
| NOC | Network Operation Center |
| RMS | Root Mean Square |
| SMA | Sistema Móvil Avanzado |
| STF | Servicio de Telefonía Fija |
| TDMA | Acceso múltiple por división de tiempo |
| UIT | Unión Internacional de Telecomunicaciones |
| UMTS | Universal Mobile Telecommunications System |
| VHF | Very High Frequency |
| VNI | Visual Networking Index |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1-1: Densidad Nacional de líneas activas CNT a enero 2018 | 2 |
| Tabla 2-1: Densidad Nacional de líneas activas CONECEL | 2 |
| Tabla 3-2: Formas de radiocomunicación | 12 |
| Tabla 4-2: Especificaciones técnicas Antena Cónica | 14 |
| Tabla 5-2: Frecuencias Esenciales SMA – CONECEL – CLARO | 23 |
| Tabla 6-2: Frecuencias Esenciales SMA – OTECEL – MOVISTAR | 24 |
| Tabla 7-2: Frecuencias Esenciales SMA – CNT EP | 25 |
| Tabla 8-2: Especificaciones técnicas Antena Cónica | 26 |
| Tabla 9-3: Alcance investigativo explicativo y correlacional | 30 |
| Tabla 10-3: Total operadoras CONECEL en la ciudad de Riobamba | 31 |
| Tabla 11-3: Equipos Utilizados | 32 |
| Tabla 12-3: Análisis historial de interferencias Figura 12-3 | 34 |
| Tabla 13-3: Análisis Interferencia dBm vs tiempo - BTS001 fecha 1 | 35 |
| Tabla 14-3: Análisis Figura 14-3 | 36 |
| Tabla 15-3: Características RadioBase 001 | 48 |
| Tabla 16-3: Características RadioBase 002 | 48 |
| Tabla 17-3: Características RadioBase 003 | 49 |
| Tabla 18-3: Características RadioBase 004 | 49 |
| Tabla 19-3: Análisis Interferencia BTS001 | 61 |
| Tabla 20-3: Análisis Interferencia BTS002 | 62 |
| Tabla 21-3: Análisis Interferencia BTS002 | 63 |
| Tabla 22-3: Análisis Interferencia BTS004 | 64 |
| Tabla 23-3: Sector de interferencia 1 | 64 |
| Tabla 24-3: Sector de interferencia 2 | 64 |
| Tabla 25-3: Sector de interferencia 3 | 69 |
| Tabla 26-3: Sector de interferencia 4 | 69 |
| Tabla 27-4: Distancia entre las BTS y las señales de interferencia | 76 |
| Tabla 28-4: Teléfonos DECT con estándar europeo encontrado en los casos de estudio | 76 |
| Tabla 29-4: Modelos teléfonos DECT con estándar americano | 77 |
| Tabla 30-4: Análisis Figura 64-4 | 78 |

| | |
|--|----|
| Tabla 31-4: Análisis Figura 66-4 | 79 |
| Tabla 32-4: Análisis Figura 67.4..... | 80 |
| Tabla 33-4: Resumen armónicos..... | 80 |
| Tabla 34-3: Análisis Figura 64-4 | 82 |
| Tabla 35-4: Análisis Figura 65-4 | 83 |
| Tabla 36-4: Análisis de la variable dependiente e independiente | 84 |
| Tabla 37-4: Nivel de cuantificación de los indicadores | 87 |
| Tabla 38-4: Tabla de contingencia - Frecuencias del valor observado | 87 |
| Tabla 39-4: Tabla de contingencia - Frecuencias del valor esperado | 88 |
| Tabla 40-4: Distribución de valores críticos de Chi-cuadrado X ² (g.d.l vs nivel de confianza)..... | 90 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1-2: Tipos de Señales..... | 7 |
| Figura 2-2: Señal Interferencia..... | 8 |
| Figura 3-2: Determinación de células de canal compartido | 10 |
| Figura 4-2: Teléfono DECT con base | 12 |
| Figura 5-2: Analizador de espectro - ANRITSU modelo MS2724B | 14 |
| Figura 6-2: BTS móviles en redes de telefonía celular | 18 |
| Figura 7-2: BTS | 19 |
| Figura 8-2: Codificación de los niveles de Señal..... | 20 |
| Figura 9-2: Cobertura 3G CLARO (CONECCEL) – Ciudad de Riobamba..... | 21 |
| Figura 10-2: Cobertura 4G – Ciudad de Riobamba | 22 |
| Figura 11-2: Antena Cónica - DRG-118..... | 25 |
| Figura 12-3: Historial señal interferente | 33 |
| Figura 13-3: Codificación de sectores de las BTS - Figura 12. 3 | 34 |
| Figura 14-3: Codificación - ilustraciones con tres sectores | 35 |
| Figura 15-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS001 fecha 1..... | 35 |
| Figura 16-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS001 fecha 2..... | 36 |
| Figura 17-3: Codificación Figura 14. 3..... | 36 |
| Figura 18-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS001 fecha 3..... | 37 |
| Figura 19-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS001 fecha 4..... | 37 |
| Figura 20-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS001 fecha 5..... | 38 |
| Figura 21-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS001 fecha 6..... | 38 |
| Figura 22-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS002 fecha 1..... | 39 |
| Figura 23-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS002 fecha 2..... | 39 |
| Figura 24-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS002 fecha 3..... | 40 |
| Figura 25-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS002 fecha 4..... | 40 |
| Figura 26-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS002 fecha 5..... | 41 |
| Figura 27-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS002 fecha 6..... | 41 |
| Figura 28-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS003 fecha 1..... | 42 |
| Figura 29-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS003 fecha 2..... | 42 |
| Figura 30-3: Codificación - ilustraciones con cuatro sectores | 42 |

| | |
|---|----|
| Figura 31-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS003 fecha 3..... | 43 |
| Figura 32-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS003 fecha 4..... | 43 |
| Figura 33-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS003 fecha 5..... | 44 |
| Figura 34-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS003 fecha 6..... | 44 |
| Figura 35-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS004 fecha 1..... | 45 |
| Figura 36-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS004 fecha 2..... | 45 |
| Figura 37-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS004 fecha 3..... | 46 |
| Figura 38-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS004 fecha 4..... | 46 |
| Figura 39-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS004 fecha 5..... | 47 |
| Figura 40-3 - Interferencia dBm vs tiempo - BTS004 fecha 6..... | 47 |
| Figura 41-3: Ubicación BTS 001 | 50 |
| Figura 42-3: Mapa BTS 001 | 51 |
| Figura 43-3: Ubicación BTS 002 | 52 |
| Figura 44-3: Mapa BTS 002 | 53 |
| Figura 45-3: Ubicación BTS 003 | 54 |
| Figura 46-3: Antena BTS 003..... | 55 |
| Figura 47-3: Mapa BTS 003 | 56 |
| Figura 48-3: Ubicación BTS 004 | 57 |
| Figura 49-3: Antena BTS 004..... | 58 |
| Figura 50-3: Mapa BTS 004 | 59 |
| Figura 51-3: Codificación Señales (Interferencia y SMA) | 60 |
| Figura 52-3: Interferencia BTS001 | 60 |
| Figura 53-3: Interferencia BTS002 | 61 |
| Figura 54-3: Interferencia BTS003 | 62 |
| Figura 55-3: Interferencia BTS004 | 63 |
| Figura 56-3: Mapa lugar de interferencia - Caso de estudio 1 | 65 |
| Figura 57-3: Radio de distancia BTS - Señal de interferencia - Caso de estudio 1 | 66 |
| Figura 58-3: Mapa de interferencia caso de estudio 2 | 67 |
| Figura 59-3: Radio de distancia BTS - Señal de interferencia - Caso de estudio 2 | 68 |
| Figura 60-3: Mapa de interferencia caso de estudio 3 | 70 |
| Figura 61-3: Radio de distancia BTS - Señal de interferencia - Caso de estudio 3 | 71 |
| Figura 62-3 - Mapa de interferencia caso de estudio 4 | 72 |
| Figura 63-3 - Radio de distancia BTS - Señal de interferencia - Caso de estudio 4 | 73 |
| Figura 64-4: Teléfonos DECT Panasonic KX – TG1311SP..... | 77 |

| | |
|---|----|
| Figura 65-4: Frecuencia principal de un canal de TV | 78 |
| Figura 66-4: Señal interferente, 3er armónico de la frecuencia de video de un canal de TV | 79 |
| Figura 67-4: Medición de frecuencias de 1880 GHz – 1900 GHz..... | 80 |
| Figura 68-4: Captura espectral realizada a un teléfono DECT estándar Europeo..... | 81 |
| Figura 69-4: Captura espectral realizada a un teléfono DECT estándar Americano | 82 |

RESUMEN

Se analizó las interferencias provocadas por teléfonos digitales DECT, utilizados en terminales de telefonía fija en hogares y/o empresas sobre las frecuencias del Servicio móvil avanzado (SMA), dispositivos 3G y 4G. Para analizar la información se realizó un registro de interferencias y las afectaciones presentadas, además se midió el espectro radioeléctrico para determinar el alcance de los equipos inalámbricos que interfieran a las radiobases. En la investigación se estableció el modelo no experimental, pues no se manipuló intencionadamente variables, solo se observó fenómenos en su ambiente para analizarlos subsiguientemente, para lo cual se utilizó un analizador de espectro entre otros equipos. El diseño de la investigación es transversal porque se midió características de las variables en un momento explícito, el mismo que permitió conseguir los objetivos propuestos; además presenta un enfoque mixto, es decir cualitativo y cuantitativo. Por medio del uso de la radiogoniometría se pudo determinar los dispositivos que originan las perturbaciones y se concluye que los teléfonos DECT con estándar europeo y otros factores producen interferencias en el SMA. Para evitar que se suscite este fenómeno se recomienda las siguientes acciones entre otras: solicitar a la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) que haga una campaña informativa para que los usuarios no adquieran los equipos DECT con estándar Europeo porque su rango de operación va de 1880 a 1920 MHz, también que no se permita el ingreso al país de los mismos; solicitar a la ARCOTEL que cree una resolución para la homologación de equipos DECT y se permita importar solo teléfonos con estándar Americano, porque estos no producen interferencias, su rango va desde 1920 a 1930 MHz. Lo que se busca es mejorar la calidad de servicio entregada a los usuarios que acceden al servicio Móvil Avanzado y los usuarios de telefonía fija en la ciudad y el país.

Palabras Clave: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <TELECOMUNICACIONES>, <INTERFERENCIAS>, <SISTEMA MÓVIL AVANZADO (SMA)>, <TELÉFONOS CELULARES>, <DIGITAL ENHANCED CORDLESS TELECOMMUNICATIONS (DECT)>, <BASE TRANSCEIVER STATION (BTS)>, <RIOBAMBA (CANTÓN)>, <CHIMBORAZO (PROVINCIA)>.

SUMMARY

It was analyzed the interference caused by DECT digital telephones, used in fixed telephony terminals in homes and/or companies on the frequencies of Advanced Mobile Service (SMA), 3Gy4G devices. To analyze the information, a register of interference was made and the affectations presented in addition, the radioelectric spectrum was measured to determine the range of wireless equipment that interferes with the base stations. In the research the non-experimental model was established since variables were not intentionally manipulated, only phenomena were observed in their environment for subsequent analysis, for which a spectrum analyzer was used among other equipment. The design of the research is cross-sectional because the characteristics of the variables were measured at an explicit moment, the same that allowed achieving the proposed objectives; it also presents a mixed approach, qualitative and quantitative. Through the use of the radiogoniometria, it was possible to determine the devices that cause the disturbances and it is concluded that the DECT telephones with European standard and other factors produce interference in the SMA. To prevent this phenomenon from arising, the following actions are recommended, among others: request the National Telecommunications Corporation (CNT) to conduct an information campaign so that users do not acquire DECT equipment with a European standard because its operating range is 1880 to 1920 MHz, also that the entrance to the country of the same ones is not allowed; request the ARCOTEL to create a resolution for the approval of DECT equipment and allow only American standard phones to be imported, because these do not produce interference, its range goes from 1920 to 1930 MHz. The aim is to improve the quality of services delivered to the users that access the Advanced Mobile service and the fixed telephone users in the city and the country.

Keywords: <TECHNOLOGY AND SCIENCE OF ENGINEERING>, <TELECOMMUNICATIONS>, <INTERFERENCES>, <ADVANCED MOBILE SYSTEM (SMA)>, <CELULAR TELEPHONES>, <DIGITAL ENHANCED CORDLESS TELECOMMUNICATIONS (DECT)>, <BASE TRANSCEIVER STATION (BTS)>, <RIOBAMBA (CANTON)>, <CHIMBORAZO (PROVINCE)>.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del Problema

1.1.1 *Situación Problemática*

En los tiempos actuales se ha incrementado la utilización del internet y de redes inalámbricas, debido a la proliferación y uso exponencial fundamentalmente de las redes sociales. Principalmente ha incrementado el uso de las redes del Sistema Móvil Avanzado (SMA), de igual forma ha aumentado la popularidad de los receptores de telefonía fija DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications), debido a sus múltiples ventajas como: alto nivel de calidad en las comunicaciones, mejor seguridad, mayor eficacia, perfiles de interconexión que posibilitan el desarrollo de aplicaciones y la integración con otras redes. Estas características han provocado que este producto resulte más atractivo para las diferentes empresas a nivel mundial. Dichos dispositivos producen interferencias perjudiciales a las frecuencias del servicio móvil avanzado, (equipos 3G y 4G), que son dispositivos masivos de uso cotidiano.

Actualmente en Ecuador existen 15.548.544 de líneas móviles activas (fuente ARCOTEL, consulta a septiembre 2018) y 17'096.789 de habitantes (fuente INEC, consulta a octubre 2018), lo que arroja una penetración del 90,94% de personas que utilizan equipos del Sistema Móvil Avanzado y un total de 2'382.829 líneas de telefonía fija en Ecuador, según datos recopilados por la ARCOTEL (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones).

Para el presente estudio se toman los valores de la operadora de telefonía fija CNT EP (Corporación Nacional de Telecomunicaciones) y de la operadora del SMA CONECEL S.A. (Consorcio Ecuatoriano de Telecomunicaciones, S.A. - CLARO Ecuador), quienes disponen de un gran número de usuarios en sus servicios de telefonía fija y móvil, respectivamente:

Tabla 1-1: Densidad Nacional de líneas activas CNT a enero 2018

| MES/AÑO | CONECEL S.A. | | | | TOTAL CONECEL |
|----------|--------------|-------------------------|----------|---------|------------------|
| | TELEFONÍA | TELEFONÍA E INTERNET | INTERNET | DATOS | |
| Mar 2017 | 4.121.899 | 4.082.575 | 438.741 | 127.616 | 8.770.831 |
| Abr 2017 | 4.060.507 | 4.143.732 | 448.390 | 127.099 | 8.779.728 |
| May 2017 | 4.043.348 | 4.145.014 | 486.896 | 125.964 | 8.801.222 |
| Jun 2017 | 3.934.455 | 4.440.228 | 318.690 | 128.203 | 8.821.576 |
| Jul 2017 | 3.786.289 | 4.561.122 | 294.371 | 109.815 | 8.751.597 |
| Ago 2017 | 3.698.251 | 4.573.083 | 282.999 | 127.700 | 8.682.033 |
| Sep 2017 | 3.689.519 | 4.544.379 | 270.813 | 106.842 | 8.611.553 |
| Oct 2017 | 3.609.681 | 4.501.285 | 300.189 | 110.392 | 8.521.547 |
| Nov 2017 | 3.395.818 | 4.550.500 | 365.671 | 109.077 | 8.421.066 |
| Dic 2017 | 2.951.275 | 4.571.929 | 329.984 | 107.075 | 7.960.263 |
| Ene 2018 | 3.352.155 | 4.206.007 | 310.691 | 107.177 | 7.976.030 |

Fuente: http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2015/09/1.1.1-Lineas-activas-por-servicio_y_Densidad_Ene-2018-Rev1.xlsx

Realizado por: Agustín Cortez

Tabla 2-1: Densidad Nacional de líneas activas CONECEL

| MES/AÑO | TOTAL CNT | TOTAL NACIONAL LÍNEAS ACTIVAS | POBLACIÓN NACIONAL | DENSIDAD NACIONAL LÍNEAS ACTIVAS |
|----------|--------------|----------------------------------|-----------------------|---|
| Abr 2017 | 1.721.409 | 15.104.467 | 16.611.479 | 90,93% |
| May 2017 | 1.723.483 | 15.061.858 | 16.632.166 | 90,56% |
| Jun 2017 | 1.676.146 | 14.976.771 | 16.652.854 | 89,94% |
| Jul 2017 | 1.829.157 | 15.055.210 | 16.673.541 | 90,29% |
| Ago 2017 | 1.882.162 | 15.049.997 | 16.694.228 | 90,15% |
| Sep 2017 | 1.924.352 | 15.037.221 | 16.714.915 | 89,96% |
| Oct 2017 | 1.985.926 | 14.947.399 | 16.735.603 | 89,31% |
| Nov 2017 | 2.027.409 | 14.915.993 | 16.756.290 | 89,02% |
| Dic 2017 | 2.142.117 | 14.651.404 | 16.776.977 | 87,33% |
| Ene 2018 | 2.236.840 | 14.726.556 | 16.797.513 | 87,67% |

Fuente: http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2015/09/1.1.1-Lineas-activas-por-servicio_y_Densidad_Ene-2018-Rev1.xlsx

Realizado por: Agustín Cortez

Debido al acrecentamiento de radiobases del SMA y la inserción de equipos inalámbricos DECT en telefonía fija, se están presentando problemas de interferencia cocanal que afectan al SMA,

provocados por los usuarios de telefonía fija que utilizan equipos terminales inalámbricos dentro del hogar o en oficinas.

1.1.2 Formulación del Problema

Existe el problema de interferencias perjudiciales a las frecuencias del servicio móvil avanzado, provocadas por teléfonos inalámbricos DECT utilizados en terminales de telefonía fija, lo cual requiere un estudio de campo y el análisis técnico que permita recomendar la resolución del problema, optimizando el uso del espectro radioeléctrico en las frecuencias autorizadas para el SMA, y mejorar la calidad de servicio entregada a los usuarios finales.

1.1.2.1 Sistematización del Problema

- a) Determinar el área de estudio.
- b) Establecer cuáles son los procesos que se utilizarán para la detección de interferencias.
- c) Realizar el estudio actual de interferencias y afectaciones presentes en el SMA.
- d) Realizar un análisis del historial de interferencias presentadas en el SMA.
- e) Determinar el alcance de los equipos inalámbricos que interfieran a las radiobases de los operadores del SMA, mediante la medición del espectro radioeléctrico.
- f) Fijar los métodos con los que se pueden validar los datos recopilados
- g) Establecer cuáles son las soluciones a plantear frente a los problemas detectados.
- h) Identificar bandas de frecuencias licenciadas y/o espacios en blanco, para la operación de teléfonos inalámbricos DECT y SMA mediante el análisis de las interferencias.
- i) Determinar el estado legal de las frecuencias autorizadas para SMA en Ecuador, y la operación de teléfonos inalámbricos DECT en iguales bandas del espectro radioeléctrico.

1.1.2.2 Justificación de la investigación

Se decidió realizar la presente investigación “Análisis de las interferencias perjudiciales a las frecuencias del servicio móvil avanzado, provocadas por teléfonos inalámbricos DECT utilizados en telefonía”, debido a la necesidad de mejorar la calidad de servicio de los abonados del SMA en ciertos sectores donde surgen los inconvenientes a fin de brindar una solución viable al problema.

Existe el problema de interferencias perjudiciales a las frecuencias del servicio móvil avanzado SMA, provocadas por teléfonos inalámbricos DECT utilizados en terminales de telefonía fija, lo cual requiere un estudio de campo y el análisis técnico que permita recomendar la resolución del problema, optimizando el uso del espectro radioeléctrico en las frecuencias autorizadas para el SMA, y mejorar la calidad de servicio entregada a los usuarios finales.

1.1.2.3 Alcance de la investigación

Verificar las interferencias perjudiciales producidas en la banda 1880 MHz a 1900 MHz del espectro radioeléctrico. Analizar y determinar el dispositivo o factores que producen dichas interferencias. El territorio de análisis es ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo, en radio Bases 3G y 4G de la operadora CONECEL S.A (CLARO), que utilizan tecnología UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), LTE (Long Term Evolution) y GSM (Global System for Mobile communications), que son las que se encuentran actualmente operando en la ciudad.

1.1.3 Objetivos de la investigación

1.1.3.1 Objetivo general de la investigación

Reducir las interferencias perjudiciales a las frecuencias del servicio móvil avanzado, provocadas por teléfonos inalámbricos DECT y plantear las soluciones a los problemas detectados por medio de una propuesta de un procedimiento de localización y solución de interferencias.

1.1.3.2 Objetivos específicos de la investigación

- Determinar el estado del arte respecto a las frecuencias autorizadas para SMA en Ecuador, y la operación de teléfonos inalámbricos DECT en iguales bandas del espectro radioeléctrico.
- Realizar un estudio del historial de interferencias presentadas en el SMA y las afectaciones presentadas.
- Medir el espectro radioeléctrico para determinar el alcance de los equipos inalámbricos que interfieran a las radiobases de los operadores del SMA.

- Proponer un plan de solución a las interferencias presentadas en la banda de 1880 MHz a 1900 MHz del espectro radioeléctrico.

1.1.3.3 Hipótesis

Las soluciones planteadas resolverán los inconvenientes de interferencias perjudiciales a las frecuencias del Servicio Móvil Avanzado, provocadas por teléfonos inalámbricos DECT utilizados en telefonía fija, lo que permitirá optimizar el uso del espectro radioeléctrico en las frecuencias autorizadas para el SMA en Ecuador, y se mejorará la calidad de servicio recibida por el usuario final de telefonía móvil.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

La conectividad móvil sigue en aumento impulsando el crecimiento de las redes 3G y 4G. Según el Informe Cisco VNI Mobile (Visual Networking Index), el tráfico de datos móviles se multiplicará por siete entre 2016 y 2021. (Cisco Network, 2017)

No solo se tienen usuarios en telefonía celular, los usuarios requieren también el acceso al servicio de telefonía fija en hogares y negocios; están en auge los teléfonos digitales DECT, porque brindan varios beneficios que resultan atractivos para el cliente. Los teléfono digital producen interferencias perjudiciales a las frecuencias del servicio móvil avanzado, a los equipos móviles 3G y 4G, los mismos que son dispositivos masivos de uso cotidiano. Las interferencias se pueden evidenciar cuando persiste un ruido en una conexión de entrante o saliente del teléfono celular.

De acuerdo a la información captada por el NOC (Network Operation Center) de la operadora del servicio móvil avanzado CONECEL comercialmente conocida como CLARO y solicitada mediante oficio N° 0101-AC remitido a la ARCOTEL, número de trámite ARCOTEL-DEDA-2018-013327-E, se permitió determinar las interferencias perjudiciales a las frecuencias del servicio móvil avanzado SMA, provocadas por teléfonos inalámbricos DECT utilizados en telefonía fija, las mismas que se pueden evidenciar más adelante en el historial de interferencias citadas en el punto 3.12.1, esto permitirá identificar la fuente de los problemas de la interferencia para determinar acciones correctivas para evitar este fenómeno y así garantizar un adecuado servicio celular.

Se pretende garantizar la convivencia de estos dos servicios porque pese a estar viviendo tiempos en los cuales se da mucho énfasis al uso de las redes sociales y a los dispositivos celulares, las dos tecnologías continuarán coexistiendo por mucho tiempo más.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Señales

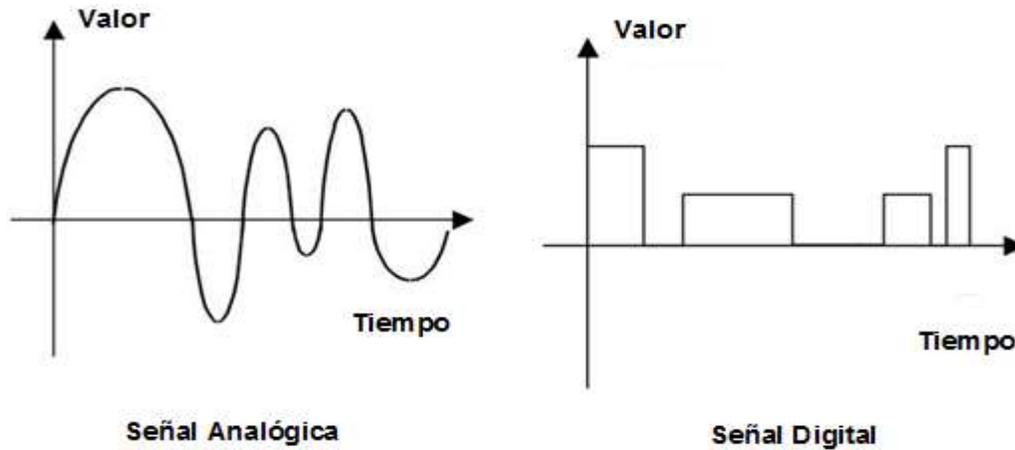


Figura 1-2: Tipos de Señales

Fuente: http://xalmunyo.wikispaces.com/file/view/XAL_1.JPG/277810866/800x422/XAL_1.JPG

Realizado por: Agustín Cortez

2.2.1.1 Señal Analógica

Una fuente analógica de información puede producir mensajes definidos dentro de un espacio continuo. Un micrófono es un ejemplo de una fuente analógica de información. El voltaje saliente describe la información en el sonido y se distribuye a través de un rango continuo de valores. (Couch, 2008)

Un sistema analógico de comunicación transmite información de una fuente digital a un receptor. Una forma de onda analógica es una función de tiempo y tiene un rango continuo de valores. (Couch, 2008)

2.2.1.2 Señal Digital

Una fuente digital de información produce un conjunto definido de mensajes. Las teclas de un teléfono digital son un claro ejemplo de una fuente digital. Existe un número finito de caracteres (mensaje) que esta fuente puede transmitir. (Couch, 2008)

Un sistema de comunicación digital transfiere información de una fuente digital al receptor adecuado. De modo puntual, una forma de onda digital se define como una función de tiempo que puede tener sólo un conjunto discreto de valores de amplitud. Si la forma de onda digital es binaria, sólo se permiten dos valores. (Couch, 2008)

2.2.1.3 Las Interferencias

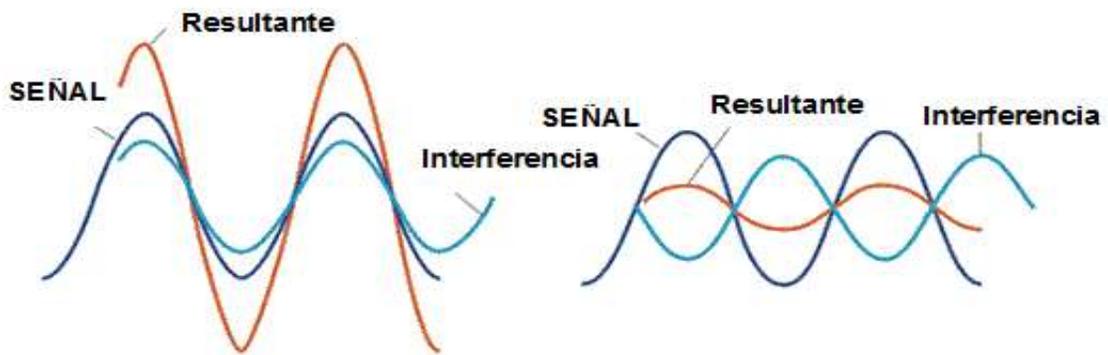


Figura 2-2: Señal Interferencia

Fuente: <http://ruidoeyinterferencia.blogspot.com/2015/05/naturaleza-y-causas-de-las.html>

Realizado por: Agustín Cortez

La interferencia es una forma de ruido exterior que significa “perturbar o estorbar”. Se produce interferencia eléctrica cuando las señales de información de una fuente producen frecuencias que caen fuera de su ancho de banda asignado, e interfieren con otras señales de otra fuente. (Tomasi, 2003)

La mayor parte de la interferencia se produce cuando las armónicas o las frecuencias de producto cruzado de una fuente llegan a la banda de paso de un canal vecino. Por ejemplo, los radios CB (Citizen Band) transmiten señales en el intervalo de 27 a 28 MHz. Sus frecuencias de segunda armónica (54 a 56 MHz) caen dentro de la banda asignada a la televisión VHF (Very High Frequency) (en especial el canal 3). Si una persona transmite en un radio CB y produce una componente de segunda armónica con gran amplitud, podría interferir con la recepción de Televisión de otras personas. (Tomasi, 2003)

2.2.1.3.1 *Relación de potencia de señal a ruido*

La relación de potencia de señal a ruido, S/N (de signal-to-noise), es el cociente del valor de la potencia de la señal entre el valor de la potencia del ruido. Matemáticamente se expresa como sigue: (Tomasi, 2003)

$$\frac{S}{N} = \frac{P_s}{P_n}$$

En la cual P_s = Potencia de la señal (watts)

P_n = Potencia del ruido (watts)

Las dos clases principales de interferencia producida dentro de un sistema de teléfono celular son la interferencia de canal compartido y la interferencia de canal adyacente. (Tomasi, 2003)

2.2.1.4 *Interferencia por canal compartido*

En la reutilización de frecuencia, varias células dentro de determinada región de cobertura usan el mismo conjunto de frecuencias. Dos células que usen el mismo conjunto de frecuencias se llaman células por canal compartido, y a la interferencia entre ellas se le llama interferencia de canal compartido. (Tomasi, 2003)

A diferencia del ruido térmico, la interferencia por canal compartido no se puede reducir sólo con aumentar las potencias de transmisión, porque al aumentar la potencia de transmisión en una célula aumenta la probabilidad de que esa transmisión interfiera con la transmisión de otra célula. Para reducir la interferencia por canal compartido, se deben separar los canales compartidos a una determinada distancia mínima. (Tomasi, 2003)

La interferencia entre células no es proporcional a la distancia entre ellas, sino más bien a la relación de la distancia entre el radio de la célula. Como el radio de una célula es proporcional a la potencia de transmisión, se pueden agregar más canales de radio a un sistema sólo disminuyendo la potencia de transmisión por célula, haciendo las células más pequeñas, y llenando las áreas vacías de cobertura con nuevas células. (Tomasi, 2003)

En un sistema celular donde todas las células sean del mismo tamaño aproximado, la interferencia por canal compartido depende del radio (R) de las células y de la distancia al centro de la célula de canal compartido más cercana. Al aumentar la relación D/R (que a veces se llama relación de

reutilización de canal compartido) aumenta la separación entre células de canal compartido, en relación con la distancia de cobertura. Entonces, se puede reducir la interferencia por canal compartido aumentando la relación de reutilización de canal compartido. (Tomasi, 2003)

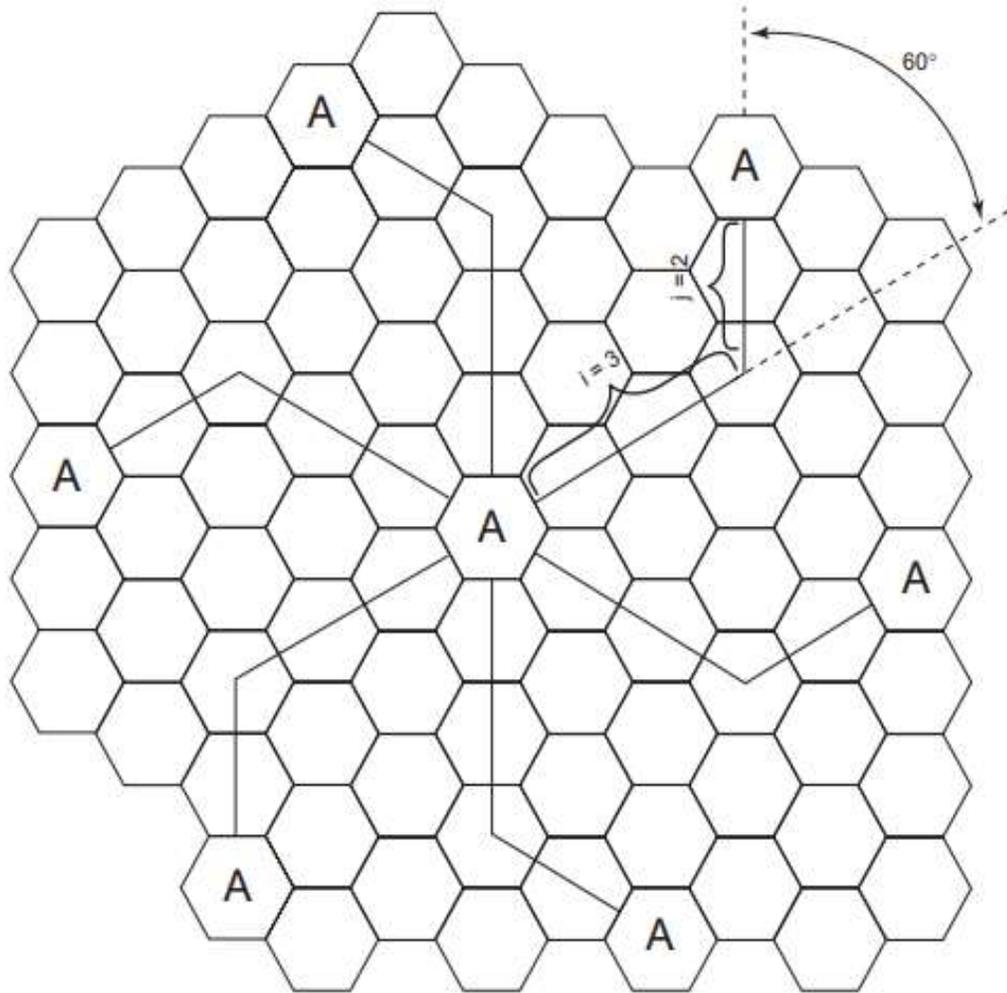


Figura 3-2: Determinación de células de canal compartido

Fuente: Tomasi, W. (2003). Sistemas de Comunicaciones Electrónicas (p. 871)

Para la geometría hexagonal,

$$Q = \frac{D}{R} \quad Q = \sqrt{3N}$$

Dónde:

Q = relación de reutilización de canal compartido (adimensional)

D = distancia al centro de la célula más cercana de canal compartido (kilómetros)

R = radio de la célula (kilómetros)

N = tamaño del grupo (cantidad de células) (Tomasi, 2003)

Mientras menor sea el valor de Q, la capacidad de canales será mayor, porque también es pequeño el tamaño de grupo. Sin embargo, un valor grande de Q mejora la interferencia por canal compartido y, con ella, la calidad general de transmisión. Es obvio que en el diseño real de un sistema celular se debe hacer un balance entre los dos objetivos. (Tomasi, 2003)

2.2.1.4.1 *Interferencia por canal adyacente*

Esta interferencia se presenta cuando las transmisiones de canales adyacentes interfieren entre sí. Es el resultado de filtros imperfectos en el receptor o receptores, que permiten la entrada de frecuencias cercanas al receptor. (Tomasi, 2003)

Esta interferencia se presenta más cuando el canal adyacente transmite muy cerca del receptor en una unidad móvil, al mismo tiempo que la unidad móvil está tratando de recibir transmisiones de la estación base, en una frecuencia adyacente. A esto se le llama efecto cercano-lejano y se presenta más cuando una unidad móvil está recibiendo una señal débil de la estación base. (Tomasi, 2003)

La interferencia por canal adyacente se puede reducir al mínimo si se usa un filtrado preciso en los receptores, y también haciendo asignaciones cuidadosas de canal, para evitar en alguna manera inconvenientes. (Tomasi, 2003)

También se puede reducir manteniendo una separación razonable de frecuencias entre los canales de una célula dada. Sin embargo, si el factor de reutilización es pequeño, la separación entre canales adyacentes podrá no ser suficiente para mantener un nivel adecuado de interferencia entre canales adyacentes. (Tomasi, 2003)

Pueden utilizarse antenas omnidireccionales, para realizar un sondeo general del espectro. Cuando se necesita mejorar la directividad o la relación señal a ruido, o aumentar la ganancia y por tanto reducir la interferencia en mediciones de intensidad de campo, o en el caso de la radiogoniometría, se utilizan antenas direccionales. (ITU, 2011)

Se dispone de una gran variedad de antenas directivas y goniométricas, que operan desde las ondas decamétricas hasta las frecuencias de GHz, y son capaces de satisfacer todos los requisitos de una estación móvil de comprobación técnica. (ITU, 2011)

2.2.1.4.2 Formas de radiocomunicación

Se pueden considerar las siguientes formas de radiocomunicación:

Tabla 3-2: Formas de radiocomunicación

| RADIOCOMUNICACIÓN | CONCEPTO |
|---|--|
| Terrenal | Distinta de la radiocomunicación espacial o radioastronomía. |
| Espacial | Utiliza una o más estaciones espaciales, uno o más satélites reflectores u otros objetos ubicados en el espacio. |
| Radiodeterminación Permite determinar la posición u otras particularidades de un cuerpo, estipula la obtención de información relativa a estos parámetros mediante las propiedades de transmisión de las ondas radioeléctricas. | Radionavegación: se utiliza para fines de navegación, para señalar la presencia de obstáculos. Radiolocalización: utilizada para fines distintos de los de radionavegación. Radiogoniometría: utiliza la recepción de ondas radioeléctricas con el objetivo de determinar la dirección de una estación u objeto. Técnica utilizada en esta investigación para calcular las mediciones de ocupación de cada portadora, con el fin de determinar su ubicación por medio de la posición geográfica. |
| Radioastronomía | Se basa en la recepción de ondas radioeléctricas de origen cósmico |

Fuente: (Ramón Ramirez, 2015)

Realizado por: Agustín Cortez

2.2.1.5 Teléfonos DECT: Digital Enhanced Cordless Telecommunications



Figura 4-2: Teléfono DECT con base

Fuente: <http://www.wirelesscommunication.nl/reference/chaptr01/telephon/dect.htm>

DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications), en español significa (Telecomunicaciones Inalámbricas Mejoradas Digitalmente) es un estándar de transmisión inalámbrica para telefonía y transmisión de datos. DECT se usa frecuentemente para la telefonía inalámbrica en edificios y se ha establecido en este sector con una fuerte presencia por su utilización masiva. Un teléfono inalámbrico con este estándar en un espacio determinado, en esquemas corporativos, se compone normalmente de la estación base DECT y una o más partes móviles. (NFON AG, 2018)

La estación base DECT está conectada en la parte de la red con una línea telefónica digital o analógica que regula la conexión y la transmisión de voz con los terminales inalámbricos a través de una señal de radio. (NFON AG, 2018)

De acuerdo con el Digital Enhanced Cordless Telecommunications Standard se pueden operar y apoyar hasta 6 terminales inalámbricos desde una única estación base. Se usan diversas bandas de radio alrededor de 2-GHz como rango de frecuencia. De este modo, se pueden alcanzar distancias de hasta 50 metros en edificios y hasta 300 metros en un ambiente abierto, así como las tasas de datos útiles estándar de 32 kilobits por segundo. Sin embargo, la potencia de transmisión máxima de la estación base está limitada; por esta razón, los alcances por encima de una distancia mayor podrán realizarse sólo con unidades de refuerzo. (NFON AG, 2018)

Para usar un terminal inalámbrico o parte móvil en una estación base, éste se deberá autenticar por la base. En general, esto se lleva a cabo mediante un PIN especial, definido por el usuario. El estándar DECT también puede asegurar que los datos útiles se transmitan en forma cifrada con el fin de protegerlos contra acceso ajeno. No obstante, este tipo de transmisión se usa relativamente raras veces y no se implementa absolutamente en muchos teléfonos. (NFON AG, 2018)

A fin de reducir el electro-smog hay diversos métodos dentro de los DECT que permiten minimizar la potencia de transmisión tanto de la estación base como de las partes móviles en modo de descanso. A menudo, este método se llama ECO-DECT. (NFON AG, 2018)

DECT es parte de la familia IMT-2000. DECT se denomina IMT (*Telecomunicaciones Móviles Internacionales*)-2000 FDMA (*Acceso múltiple por división de frecuencia*) / TDMA (*Acceso múltiple por división de tiempo*), y se define en la recomendación UIT (*Unión Internacional de Telecomunicaciones*)-R M.1457-9 (05/2010). Las especificaciones de la interfaz de radio IMT-2000 para la tecnología FDMA / TDMA se definen mediante un conjunto de normas ETSI. Esta interfaz de radio es una tecnología general de acceso por radio para telecomunicaciones inalámbricas. Proporciona servicios de voz de calidad de telefonía y una amplia gama de servicios de datos. (DECT Forum, 2018)

2.2.1.6 Analizador de espectro



Figura 5-2: Analizador de espectro - ANRITSU modelo MS2724B

Fuente: <https://www.anritsu.com/en-us/test-measurement/products/ms2724b>

El analizador de espectro es un equipo de medición electrónica que permite visualizar en su display las componentes espectrales en un espectro de frecuencias, estas señales se encuentran presentes en la entrada, pudiendo presentar diferentes tipos de ondas: eléctricas, acústicas u ópticas. (Balcells, 2008)

2.2.1.6.1 Especificaciones Técnicas Generales

Tabla 4-2: Especificaciones técnicas Antena Cónica

| | |
|-------------------------------|--|
| Frequency Range | 9 kHz to 20 GHz |
| Tuning Resolution | 1 Hz |
| Frequency Reference | Aging: ± 1.0 ppm/10 years Accuracy: ± 0.3 ppm ($25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 25\text{ }^{\circ}\text{C}$) + aging |
| Frequency Span | 10 Hz to 20 GHz including zero span |
| Compatibilities | LTE(), GSM/EDGE |
| Demodulator | AM/FM/SSB |
| Sweep Time | 10 μs to 600 seconds in zero span |
| High Frequency Accuracy | Spectrum, Interference, Signal Analyzer |
| when GPS Antenna is connected | $< \pm 25$ ppb with GPS On, 3 minutes after satellite lock in selected mode |

Fuente: <http://www.technicaldiagnostic.com/Equipment/SpecSheets/Anritsu%20MS2724B.pdf>

Realizado por: Agustín Cortez

2.2.1.6.2 *Funcionamiento*

Análisis se refiere a la acción de descomponer algo complejo en partes simples o identificar en ese algo complejo las partes más simples que lo forman. Existe una base física para modelar la luz, el sonido o las ondas de radio en superposición de diferentes frecuencias. Un proceso que cuantifique las diversas intensidades de cada frecuencia se llama análisis espectral. (Orcajo, García Melero, & Fernández Cabanas, 1998)

2.2.1.6.3 *Forma de onda y su espectro*

Matemáticamente el análisis espectral está relacionado con una herramienta llamada transformada de Fourier. Ese análisis puede llevarse a cabo para pequeños intervalos de tiempo, o menos frecuentemente para intervalos largos, o incluso puede realizarse el análisis espectral de una función determinada. (Luz R. R., 2015)

Además, la transformada de Fourier de una función no sólo permite hacer una descomposición espectral de los formantes de una onda o señal oscilatoria, sino que con el espectro generado por el análisis de Fourier incluso se puede reconstruir o sintetizar la función original mediante la transformada inversa. Para poder hacer eso, la transformada no solamente contiene información sobre la intensidad de determina frecuencia, sino también su fase. Esta información se puede representar como un vector bidimensional o como un número complejo. En las representaciones gráficas, frecuentemente sólo se representa el módulo al cuadrado de ese número, y el gráfico resultante se conoce como espectro de potencia o densidad espectral de potencia. (Bateman, 2005)

2.2.1.6.4 *Utilización*

El espectro de frecuencia de un fenómeno ondulatorio (sonoro, luminoso o electromagnético), superposición de ondas de varias frecuencias, es una medida de la distribución de amplitudes de cada frecuencia. También se llama espectro de frecuencia al gráfico de intensidad frente a frecuencia de una onda particular. En el eje de ordenadas suele presentarse en una escala logarítmica el nivel en dBm del contenido espectral de la señal. En el eje de abscisas se representa la frecuencia, en una escala que es función de la separación temporal y el número de muestras capturadas. Se denomina

frecuencia central del analizador a la que corresponde con la frecuencia en el punto medio de la pantalla. (Bateman, 2005)

2.2.1.6.5 Fenómeno Ondulatorio Luminoso

El espectro de frecuencias o descomposición espectral de frecuencias puede aplicarse a cualquier concepto asociado con frecuencia o movimientos ondulatorios, sonoros y electromagnéticos. Una fuente de luz puede tener muchos colores mezclados en diferentes cantidades (intensidades). (Pérez Vega, 2007)

Un arcoíris, o un prisma transparente, deflacta cada fotón según su frecuencia en un ángulo ligeramente diferente. Eso nos permite ver cada componente de la luz inicial por separado. Un gráfico de la intensidad de cada color deflactado por un prisma que muestre la cantidad de cada color es el espectro de frecuencia de la luz o espectro luminoso. (Pérez Vega, 2007)

Cuando todas las frecuencias visibles están presentes por igual, el efecto es el "color" blanco, y el espectro de frecuencias es uniforme, lo que se representa por una línea plana. De hecho cualquier espectro de frecuencia que consista en una línea plana se llama blanco de ahí que hablemos no solo de "color blanco" sino también de "ruido blanco". (Pérez Vega, 2007)

2.2.1.6.6 Fenómeno Ondulatorio Electromagnético

Cada estación emisora de telecomunicaciones es una fuente de ondas electromagnéticas que emite ondas cercanas a una frecuencia dada. En general las frecuencias se concentrará en una banda alrededor de la frecuencia nominal de la estación, a esta banda es a lo que llamamos canal. Una antena receptora condensa diferentes ondas electromagnéticas en una única señal de amplitud de voltaje, que puede ser a su vez decodificada nuevamente en la señal original. (Pérez Vega, 2007)

El sintonizador de la radio por ejemplo selecciona el canal, de un modo similar a como nuestros receptores de la cóclea seleccionan una determinada nota. Algunos canales son débiles y otros fuertes. Si hacemos un gráfico de la intensidad del canal respecto a su frecuencia obtenemos el espectro electromagnético de la señal receptora. (Pérez Vega, 2007)

2.2.1.6.7 *Analizador de Espectro Analógico*

Un analizador de espectro analógico es un equipo electrónico que muestra la composición del espectro de ondas eléctricas, acústicas, ópticas, de radio frecuencia y entre otras. Contrario a un osciloscopio, un analizador de espectros muestra las ondas en el dominio de frecuencia en vez del dominio de tiempo. (Balcells, 2008)

Puede ser considerado un voltímetro de frecuencia selectiva, que responde a picos calibrados en valores RMS (*Root Mean Square*), valor efectivo, de la onda. Los analizadores análogos utilizan un filtro pasa banda de frecuencia variable cuya frecuencia central se afina automáticamente dentro de una gama fija. (Balcells, 2008)

También se puede emplear un banco de filtros o un receptor superheterodino donde el osciloscopio local barre una gama de frecuencias. Algunos otros analizadores como los de Tektronix utilizan un híbrido entre análogo y digital al que llaman "tiempo real" analizador de Espectros. Las señales son convertidas a una frecuencia más baja para ser trabajadas con técnicas FFT (*Fast Fourier Transform*) o transformada rápida de Fourier. Éste es un algoritmo que permite calcular la transformada de Fourier discreta (DFT) y su correspondiente inversa. (Balcells, 2008)

La FFT se puede utilizar en una infinidad de aplicaciones en general, resolución de ecuaciones en derivadas parciales o los algoritmos de multiplicación rápida de grandes enteros. (Balcells, 2008)

2.2.1.6.8 *Analizador de Espectro Digital*

Un analizador digital de espectro utiliza la (FFT), este es el proceso matemático que transforma una señal en sus componentes espectrales. Algunas medidas requieren que se preserve la información completa de señal, frecuencia y fase, este tipo de análisis se llama vectorial. (Balcells, 2008)

Los Analizadores utilizados en la presente investigación son:

- Anritsu, modelo MS2724B
- Rohde & Schwarz modelo FSP-400

2.2.1.7 BTS (Base Transceiver Station)

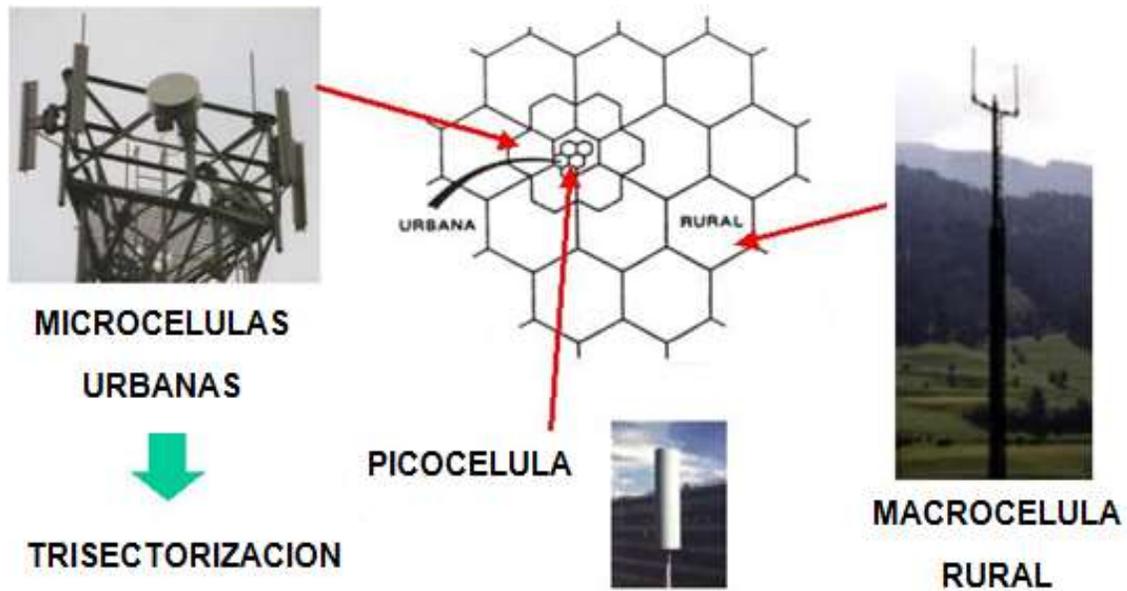


Figura 6-2: BTS móviles en redes de telefonía celular

Fuente: <http://emercomms.ipellejero.es/2009/08/06/bts-moviles-en-redes-de-telefonía-celular/>

Las redes de telefonía móvil modernas GSM (Global System for Mobile communications), UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) se basan en una arquitectura celular, dividiéndose la geografía en células o celdas que quedan cubiertas a nivel radioeléctrico por Estaciones Base o BTS (Base Transceiver Station). (Emercomms, 2009)

Las BTS, denominadas popularmente de forma errónea como “repetidores”, se encargan de varias funciones dentro de la red de telefonía móvil: Ofrecen un canal de broadcast que los terminales de abonado utilizan para medir el grado de cobertura disponible y tratar de cambiar a otra BTS si es preciso (handover). (Emercomms, 2009)

Ofrecen canales de tráfico para el establecimiento de llamadas telefónicas desde/hacia los terminales de abonado. Disponen de conexiones alámbricas o inalámbricas hacia las centrales telefónicas, desde donde se pueden encaminar las llamadas hacia otras zonas de la red (Emercomms, 2009)

Las BTS son capaces de prestar servicio a un número limitado de abonados dentro del área geográfica determinada por su cobertura radioeléctrica. Es decir, disponen de un número acotado de canales de tráfico disponibles para el establecimiento de llamadas telefónicas. Si todos esos canales están

ocupados, ningún otro abonado podrá establecer una llamada hasta que quede algún canal libre, situación que se conoce con el nombre de saturación. (Emercomms, 2009)

En los entornos rurales, donde el número de usuarios es menor, las BTS suelen tener cobertura omnidireccional. En zonas urbanas, con mayor concentración de población, se utiliza la técnica de tri-sectorización, consistente en dividir la célula en tres zonas, denominadas sectores, que a efectos prácticos funcionan como células independientes. (Emercomms, 2009)



Figura 7-2: BTS

Fuente: Agustín Cortéz

Adicionalmente, en determinadas áreas como aeropuertos se instalan pico-células o pequeñas BTS cuyo objetivo es ampliar las capacidades del sistema. Las redes de telefonía móvil pueden verse afectadas por las catástrofes. (Emercomms, 2009)

Las BTS móviles se montan sobre camiones o contenedores transportables y normalmente están dotadas de grupo electrógeno propio, siendo por tanto completamente autosuficientes. (Emercomms, 2009)

Las BTS móviles son muy útiles si se despliegan de forma preventiva en situaciones en las que se esperen grandes concentraciones de público en una zona determinada. No obstante, las emergencias siempre suceden de forma imprevista y las BTS móviles pueden tardar en desplegarse en la zona. (Emercomms, 2009)

2.2.1.7.1 Radiobases CONECEL en la ciudad de Riobamba

Con base a la información recopilada en el portal de la operadora CONECEL – CLARO, que provee servicio celular, se puede ver claramente la cobertura de la operadora, cubre teóricamente toda la ciudad de Riobamba.

A continuación se muestra la codificación de la intensidad de cobertura de los servicios 3G y 4G en la ciudad de Riobamba.

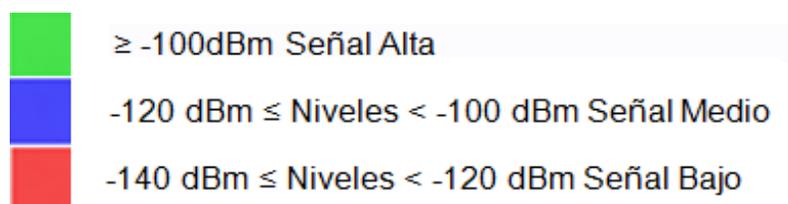


Figura 8-2: Codificación de los niveles de Señal

Fuente: <http://www.claro.com.ec/personas/servicios/servicios-moviles/cobertura/>

Según la información proporcionada por el portal de la operadora se pudieron obtener los valores de intensidad de señal así como también los sectores de coberturas.

Las gráficas mostradas a continuación exponen la intensidad de la señal tanto en 3G como en 4G, también la ubicación de las radiobases de la operadora CONECEL, en la cartografía de la ciudad de Riobamba.

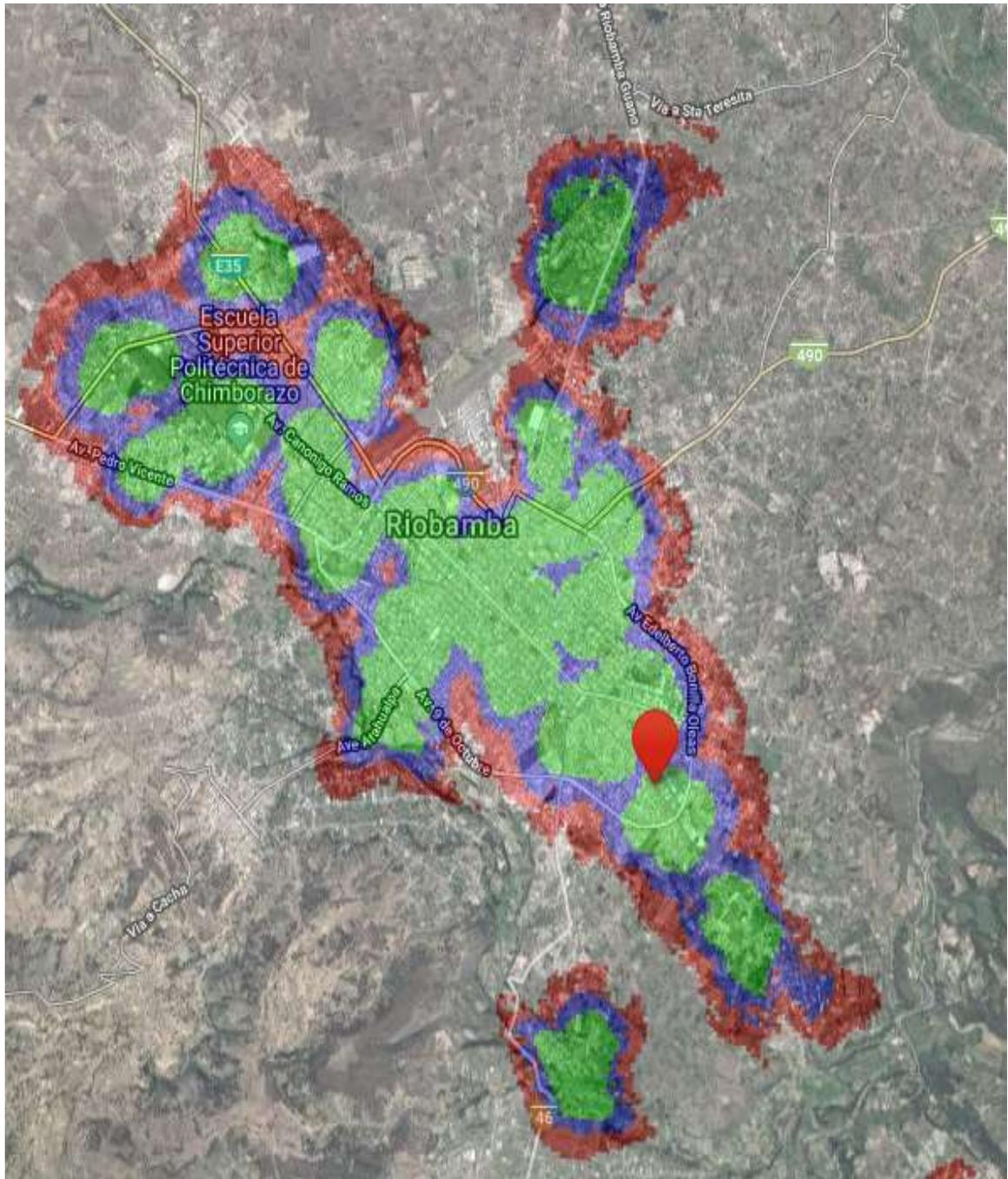


Figura 9-2: Cobertura 3G CLARO (CONECEL) – Ciudad de Riobamba

Fuente: <http://www.claro.com.ec/personas/servicios/servicios-moviles/cobertura/>

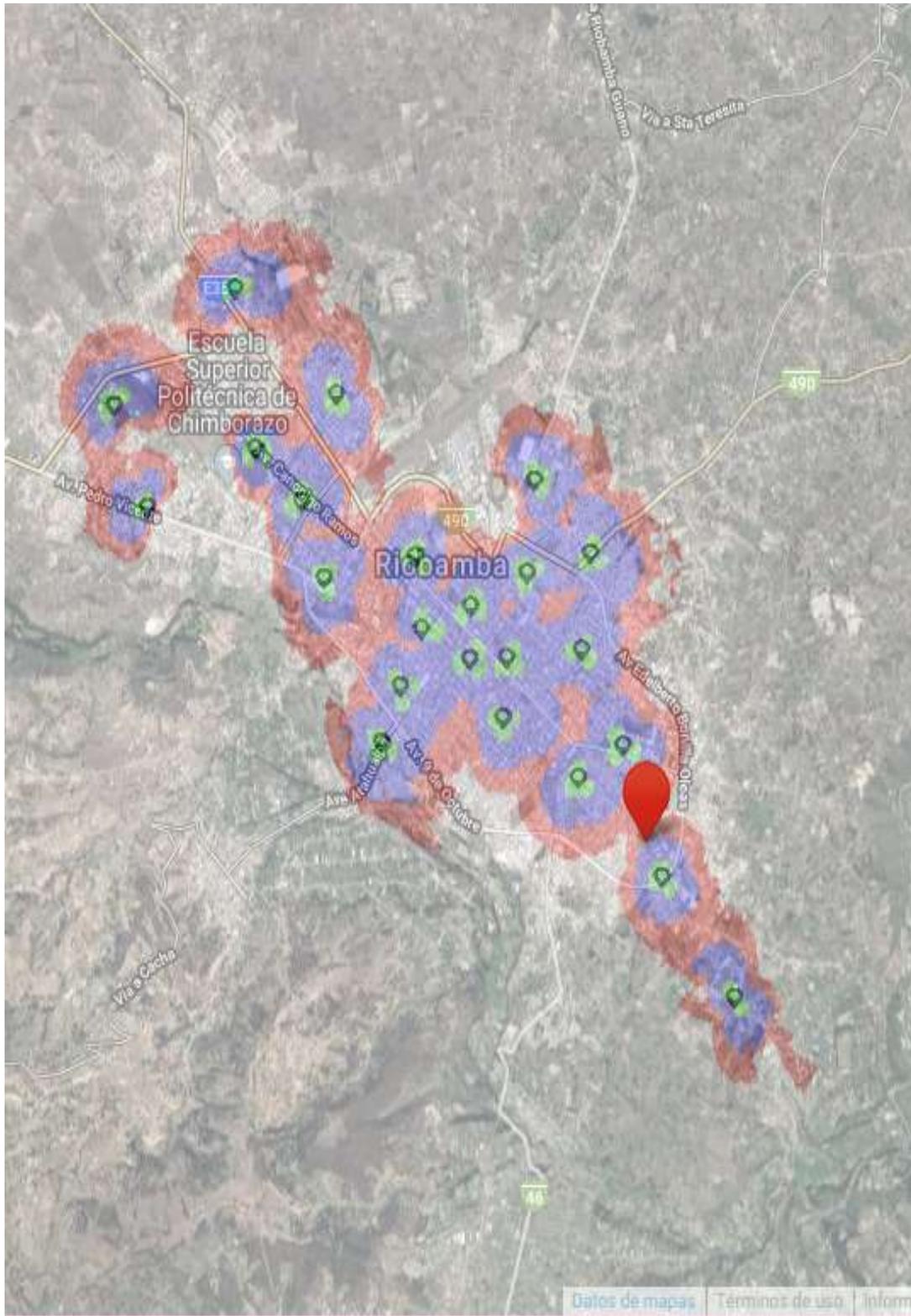


Figura 10-2: Cobertura 4G – Ciudad de Riobamba

Fuente: <http://www.claro.com.ec/personas/servicios/servicios-moviles/cobertura/>

Tabla 5-2: Frecuencias Esenciales SMA – CONECEL – CLARO

| RANGO | BANDA 3GPP | | BLOQUES | LIMITE INFERIOR (MHz) | LIMITE SUPERIOR (MHz) |
|----------------------|------------|-----|---------|--------------------------|--------------------------|
| | UMTS | LTE | | | |
| 850 | 5 | - | A1 | 824 | 825 |
| | | | A1' | 869 | 870 |
| | | | A2 | 825 | 835 |
| | | | A2' | 870 | 880 |
| | | | A3 | 845 | 846,5 |
| | | | A3' | 890 | 891,5 |
| 1900 | 2 | 2 | E | 1885 | 1890 |
| | | | E' | 1965 | 1970 |
| 1900 | 2 | 2 | B3 | 1880 | 1885 |
| | | | B3' | 1960 | 1965 |
| | | | F | 1890 | 1895 |
| | | | F' | 1970 | 1975 |
| AWS 1700/2100 MHz | | 10 | E | 1730 | 1735 |
| | | | E' | 2130 | 2135 |
| | | | F | 1735 | 1740 |
| | | | F' | 2135 | 2140 |
| | | | G | 1740 | 1745 |
| | | | G' | 2140 | 2145 |
| | | | H | 1745 | 1750 |
| | | | H' | 2145 | 2150 |

Fuente: Resolución TEL-138-04-CONATEL-2015 - Contrato de Concesión ARCOTEL

Realizado por: Agustín Cortez

La tabla 5.2 Frecuencias Esenciales SMA – CONECEL – CLARO, hace referencia a las frecuencias asignadas a la operadora CONECEL – CLARO Ecuador, según lo revisado en la Resolución TEL-138-04-CONATEL-2015 - Contrato de Concesión ARCOTEL, en dicha resolución se pueden apreciar las frecuencias asignadas a otras operadoras de telefonía celular en el país.

Los rangos subrayados en la tabla antes mencionada, del bloque E y bloque F, son los bloques en los que se estarían presentando afectaciones, por lo tanto, se debe analizar los posibles, factores o equipos que están realizando las afectaciones.

Tabla 6-2: Frecuencias Esenciales SMA – OTECEL – MOVISTAR

| RANGO (MHz) | BANDA 3GPP | | BLOQUES | LÍMITE INFERIOR (MHz) | LÍMITE SUPERIOR (MHz) | AB (MHz) |
|-------------|------------|-----|---------|-----------------------|-----------------------|----------|
| | UMTS | LTE | | | | |
| 850 | 5 | - | B1 | 835 | 845 | 10 |
| | | | B1' | 880 | 890 | 10 |
| | | | B2 | 846,5 | 849 | 2,5 |
| | | | B2' | 891,5 | 894 | 2,5 |
| 1900 | 2 | 2 | D | 1865 | 1870 | 5 |
| | | | D' | 1945 | 1950 | 5 |
| 1900 | 2 | 2 | A1 | 1850 | 1855 | 5 |
| | | | A1' | 1930 | 1935 | 5 |
| | | | A2 | 1855 | 1860 | 5 |
| | | | A2' | 1935 | 1940 | 5 |
| | | | A3 | 1860 | 1865 | 5 |
| | | | A3' | 1940 | 1945 | 5 |
| | | | B1 | 1870 | 1875 | 5 |
| | | | B1' | 1950 | 1955 | 5 |
| | | | B2 | 1875 | 1880 | 5 |
| | | | B2' | 1955 | 1960 | 5 |

Fuente: Resolución TEL-138-04-CONATEL-2015 - Contrato de Concesión ARCOTEL

Realizado por: Agustín Cortez

La tabla 6-2 hace referencia a las frecuencias asignadas a la operadora OTECEL –MOVISTAR en Ecuador

Tabla 7-2: Frecuencias Esenciales SMA – CNT EP

| RANGO (MHz) | BANDA 3GPP | | BLOQUES | LIMITE INFERIOR (MHz) | LIMITE SUPERIOR (MHz) | AB (MHz) |
|------------------|------------|-----|---------|-----------------------------|-----------------------------|-------------|
| | UMTS | LTE | | | | |
| | | | C | 1895 | G | 15 |
| | | | C' | 1975 | 1990 | 15 |
| 700 | - | 28 | G | 733 | 738 | 5 |
| | | | G' | 788 | 793 | 5 |
| | | | H | 738 | 743 | 5 |
| | | | H' | 793 | 798 | 5 |
| | | | I | 743 | 748 | 5 |
| | | | I' | 798 | 803 | 5 |
| AWS 1700/2100 | - | 10 | A | 1710 | 1715 | 5 |
| | | | A' | 2110 | 2115 | 5 |
| | | | B | 1715 | 1720 | 5 |
| | | | B' | 2115 | 2120 | 5 |
| | | | C | 1720 | 1725 | 5 |
| | | | C' | 2120 | 2125 | 5 |
| | | | D | 1725 | 1730 | 5 |
| | | | D' | 2125 | 2130 | 5 |

Fuente: Resolución TEL-804-29-CONATEL-2012 - Condiciones Generales Anexo B

La tabla 7-2 hace referencia e las frecuencias asignadas a la operadora CNT-EP.

2.2.1.8 Antena Cónica Wideband Products Division - Horn Antennas



Figura 11-2: Antena Cónica - DRG-118

Fuente: ARA Antenna Research, hoja técnica Horn Antennas

La antena DRG-118 es ideal para EMC (*Antenas de Compatibilidad Electromagnética*) y aplicaciones de comunicaciones. Estas son antenas extremadamente duraderas que se puede implementar muchas veces en ambientes hostiles. Una precisión tipo N conector se utiliza para obtener alta potencia manejo a 18 GHz. Esta antena puede ser calibrada para ganancia absoluta. (ARA Inc., 2015)

2.2.1.8.1 Especificaciones Técnicas

Tabla 8-2: Especificaciones técnicas Antena Cónica

| | |
|-----------------------|-------------------------------|
| Frecuency | 1 to 18 GHz |
| Gain | 7 to 12 dBi nominal |
| Polarization | Linear Horizontal or Vertical |
| Impedance | 50 Ohms |
| VSWR | 2.0:1 nominal |
| Operating Temperature | -30° to +70°C |
| Storage Temoerature | -47° to +85°C |
| Power Handling | 400W CW |
| Antenna Connectors | N Female |
| Dimensions | 9.5"x5.6"x7.9" |
| Weight | 3.75 lbs (1.4 kg) |

Fuente: ARA Antenna Research, hoja técnica Horn Antennas

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

En los diferentes escenarios que se pueden presentar en el día a día, ya sea en lugares privados como empresas, locales comerciales, residencias, universidades, bancos o lugares públicos es común el uso de redes inalámbricas, por lo que es posible que se puedan presentar interferencias con redes nuevas. Este tipo de situaciones pueden provocar incomodidades y molestias a los usuarios finales porque no se puede establecer una adecuada comunicación, generando un mal servicio.

La presente investigación trata de dar solución al problema planteado anteriormente, específicamente la coexistencia entre los teléfonos DECT y los teléfonos o dispositivos del SMA, puesto que se han manifestado interferencias en ciertos sectores de la ciudad entre estos dos tipos de dispositivos.

El estudio pretende determinar los dispositivos que están ocasionando las interferencias en un sector determinado para luego ver las posibles soluciones a fin de evitar colisiones a la hora de la transmisión de la información. Se diseña un procedimiento de planificación por medio de la selección de canales adecuados para la comunicación y de esta manera permitir la coexistencia entre estas tecnologías evitando interferencias cocanal.

Se expondrán las razones de estos inconvenientes por medio del análisis de datos recopilados con un analizador de espectro y otros dispositivos electrónicos que permitieron la recolección efectiva de parámetros para determinar el dispositivo o fenómeno que está provocando interferencias, especialmente los sectores analizados. Se procura dar una visión general de las principales funciones y parámetros de los teléfonos DECT que serán utilizados en la presente investigación, lo que permitirá comprender la operatividad de los mismos y sus vulnerabilidades existentes con otras redes inalámbricas coexistentes.

Al finalizar la investigación se establecerán las conclusiones y recomendaciones técnicas adecuadas que podrían ayudar con el mejoramiento de la calidad del servicio del Sistema Móvil Avanzado.

3.1 Tipo de Investigación

Al no presentarse condicionantes para la investigación se estableció el modelo no experimental. Este modelo se utiliza cuando no se opera explícitamente con las variables, sino que se observan los fenómenos presentados en su ambiente tradicional, los mismos que se analizan subsiguientemente. En este caso puntual los fenómenos son las interferencias provocadas por teléfonos inalámbricos DECT utilizados en telefonía fija sobre las frecuencias del servicio móvil avanzado para lo cual utilizaremos un analizador de espectro entre otros.

3.2 Diseño de la Investigación

Se plantea una investigación de tipo transversal, no experimental porque evalúa características de las variables planteadas en un momento expreso, de esta forma se puede conseguir los objetivos propuestos inicialmente.

3.3 Métodos de Investigación

La investigación se sustentó y utilizó diferentes métodos o modelos de investigación debido a la naturaleza de la investigación, y son los siguientes:

3.3.1 Método de la observación científica

La observación científica permite la apreciación directa del objeto de investigación que en este caso concreto serán las interferencias producidas por los teléfonos DECT. La observación permite conocer el ambiente existente, mediante la percepción sin distorsiones de los objetos y fenómenos presentes en el ambiente a evaluar.

3.3.2 Método de la Medición

El fenómeno a estudiar es la interferencia que presente en un determinado rango de frecuencias y que interfiere con la comunicación ente dispositivos del Sistema Móvil Avanzado, por lo tanto se requiere analizar magnitudes eléctricas y esto conlleva a la atribución de valores numéricos, estos se pudieron obtener de las diferentes gráficas arrojadas por los analizadores de espectro. Por este motivo se recurrió al método de la medición para determinar los parámetros y valores producto de las interferencias presentadas entre redes.

Se utilizó un analizador de espectro ANRITSU, así como también el analizador marca Rohde & Schwarz modelo FSP-400, dichos dispositivos de medición electrónica permitieron visualizar de forma gráfica, los componentes y magnitudes presentes en un espectro de frecuencias puesto que posee un display, lo que arrojó una medición directa de las magnitudes estudiadas, las misma permitieron determinar si está presente o no más de una señal en un rango específico de frecuencias estudiadas.

3.3.3 Método analítico

Permitió establecer y distinguir los elementos que ocasionan los inconvenientes en la comunicación, para revisar cada uno de ellos por separado con lo cual se pudo conocer los dispositivos que producen interferencias en el espectro radioeléctrico en la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo, provocadas aparentemente por los teléfonos digitales DECT entre otros factores, posibilitando la determinación de causas, efectos, recomendaciones y posibles soluciones, para solventar los inconvenientes presentados.

3.3.4 Método sistémico

El método sistémico permitió converger diversos elementos que se encuentran presentes o próximos al problema que se está investigando, con la finalidad de facilitar el enfoque o perspectiva que se tiene del mismo en términos generales; permitiendo posibilitar el desarrollo de una propuesta robusta, organizada, sistema y efectiva que solucionará la problemática de las interferencias presentes en el SMA provocadas por las diferentes razones, ya sean dispositivos equipos o tecnología.

3.4 Enfoque de la investigación

La investigación presenta un enfoque mixto, es decir, cualitativo y cuantitativo porque recopila y describe datos, valores de mediciones y análisis de muestras compiladas en el proceso, lo que sirve para sustentar el problema de investigación, así como también compendia conceptos, argumentos y conclusiones que sustentan la investigación. Por todo lo expuesto anteriormente se puede decir que se consiguieron altos niveles de eficacia y seguridad frente a las respuestas obtenidas.

3.5 Alcance Metodológico - Investigativo

El alcance de la investigación es explicativo y correlacional, tal y cómo se describe a:

Tabla 9-3: Alcance investigativo explicativo y correlacional

| | Explicativo | Correlacional |
|------------------|--|--|
| Propósito | Explicar las causas de relación entre variables (eventos, sucesos o fenómenos) | Identificar relación o grado de asociación que existe entre dos o más variables en un contexto |
| Utilidad | Explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta. | Predecir el valor de una variable a partir del valor de otra relacionada |

Fuente: <http://pensamientodesistemasaplicado.blogspot.com/2013/03/definiendo-el-alcance-de-una.html>

3.6 Población de Estudio

Se determinó como población de estudio la ciudad de Riobamba, específicamente se pretende estudiar las radiobases de la operadora CONECEL instaladas en la mencionada ciudad, así como los terminales inalámbricos de telefonía fija de CNT EP o cualquier otra fuente de interferencia perjudicial detectada.

3.6.1 Unidad de Análisis

Se realizaron mediciones de interferencias tomando en cuenta las 37 estaciones radiobases de la operadora CONECEL, instaladas en la ciudad de Riobamba.

Tabla 10-3: Total operadoras CONECEL en la ciudad de Riobamba

| RADIO BASES | |
|---|----|
| UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) | 22 |
| LTE (Long Term Evolution) | 3 |
| GSM (Global System for Mobile communications) | 12 |

Fuente: <http://www.claro.com.ec/personas/servicios/servicios-moviles/cobertura/>

3.6.2 Selección y tamaño de la muestra

La selección de la muestra se determinó en base a la población de estudio y unidad de análisis. La población total son las 37 Radio Bases de la operadora CONECEL en la ciudad de Riobamba, puesto que hay interferencias, dichas frecuencias están presentes varios sectores de la ciudad.

3.7 Técnicas de recolección de datos primarios y secundarios

Para el desarrollo del trabajo de investigación se utiliza la recolección bibliográfica para sustentar el marco teórico y la propuesta, que incluye:

Revisión Documental: Se recopiló toda la información primaria y secundaria para establecer la justificación teórica y metodológica.

Observación y análisis: Se realizó la observación del fenómeno presente, lo que permitió recolectar la información pertinente durante el proceso de investigación para realizar el análisis e interpretación de los datos compendiados de las diferentes mediciones de interferencias.

Radiogoniometría: Técnica utilizada en esta investigación que permitió calcular o detectar el lugar de donde procede una señal, en este caso la señal interferente.

3.8 Instrumentos de recolección de datos primarios y secundarios

Los instrumentos previstos para procesar los datos recopilados en la investigación son:

- Analizador de espectro Anritsu modelo MS2724B
- Analizador de espectro Rohde & Schwarz modelo SFP-400
- Antena Cónica ARA DRG-118
- Teléfonos DECT
- Hojas de cálculo
- Gráficas y tablas
- Esquemas
- Fotografías
- Computador

3.9 Instrumentos para la recolección y procesamiento de datos

Para la recolección de datos se utilizó un analizador de espectros como equipo primario, además de otros equipos como se puede observar en la tabla 6.3, luego de las capturas espectrales, se utilizó un computador y hojas de cálculo para el procesamiento de los mismos.

Tabla 11-3: Equipos Utilizados

| EQUIPO | MARCA | MODELO |
|------------------------|-----------------|-------------------------|
| Analizador de espectro | ANRITSU | MS2724B |
| Analizador de espectro | ROHDE & SCHWARZ | FSP-400 |
| Antena Cónica (Horn) | ARA | DRG-118 |
| Radio Base | ERICSSON | 2106 |
| Teléfono DECT | PANASONIC | KX-TGB210 / KX-TG1311SP |

Fuente: Agustín Cortéz

3.10 Esquema del procedimiento y casos de medición

Para realizar el análisis se deben ejecutar las siguientes actividades:

- Detección de la interferencia por parte de la operadora del SMA.
- Determinar la radio base y el sector aproximado de la interferencia.

- Realizar las respectivas mediciones empleando el analizador de espectro y una antena Horn, haciendo uso de la radiogoniometría.
- Cubrir cada uno de los tres sectores de la antena de la radiobase del SMA, cada uno de ellos abarca 120° o cada 90° dependiendo de la radiobase.
- Determinar el azimut probable de las señales diferentes a las emitidas por los equipos de la radiobase del SMA.
- Analizar los datos obtenidos de las correspondientes mediciones.
- Búsqueda de la fuente, (señal interferente), puesto que se presume que los teléfonos DECT con estándar Europeo, establecen interferencias a las radio bases del SMA.
- Notificar al operador al que está conectado el equipo terminal de telefonía fija, para proceder a apagar el mismo.
- Verificar si la radiobase continúa o no con la interferencia.

3.10.1 *Detección de la interferencia por parte de la operadora del SMA*

Mediante información proporcionada por parte de la operadora del SMA se obtuvo el historial de interferencias producidas por los teléfonos DECT, se muestran en la siguiente gráfica:

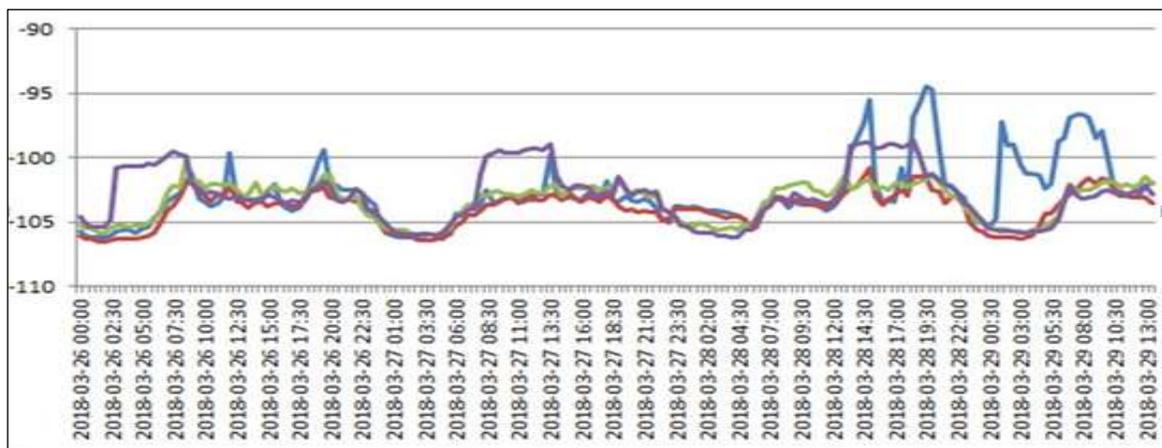


Figura 12-3: Historial señal interferente

Fuente: Operadora del SMA



Figura 13-3: Codificación de sectores de las BTS - Figura 12. 3

Realizado por: Agustín Cortez

Se considera para el análisis de interferencia que ésta se produce cuando la señal es superior a -102 dBm debido a que valores inferiores, son manejables y no provocan interferencias perjudiciales a la radiobase de la operadora de SMA.

Tabla 12-3: Análisis historial de interferencias Figura 12-3

| FECHA | HORA | SECTOR | | | |
|------------|---------------|--------|---|---|----|
| | | A | B | C | D |
| 2018-03-26 | 08:30 – 09:00 | x | x | x | SI |
| 2018-03-26 | 12:00 - 12:30 | SI | x | x | x |
| 2018-03-26 | 19:00 -20:00 | SI | x | x | x |
| 2018-03-27 | 08:00 -14:00 | x | x | x | SI |
| 2018-03-28 | 13:00 -15:00 | SI | x | x | x |
| 2018-03-28 | 16:00 - 19:30 | SI | x | x | x |
| 2018-03-28 | 13:00 -19:00 | x | x | x | SI |
| 2018-03-29 | 01:00 -03:00 | SI | x | x | x |
| 2018-03-28 | 05:30 -10:30 | SI | x | x | x |

Fuente: Operadora del SMA

Realizado por: Agustín Cortez

Se puede determinar que existe interferencia permanente en dos sectores, el Sector A y el Sector D

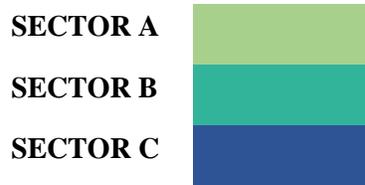


Figura 14-3: Codificación - ilustraciones con tres sectores

Realizado por: Agustín Cortez

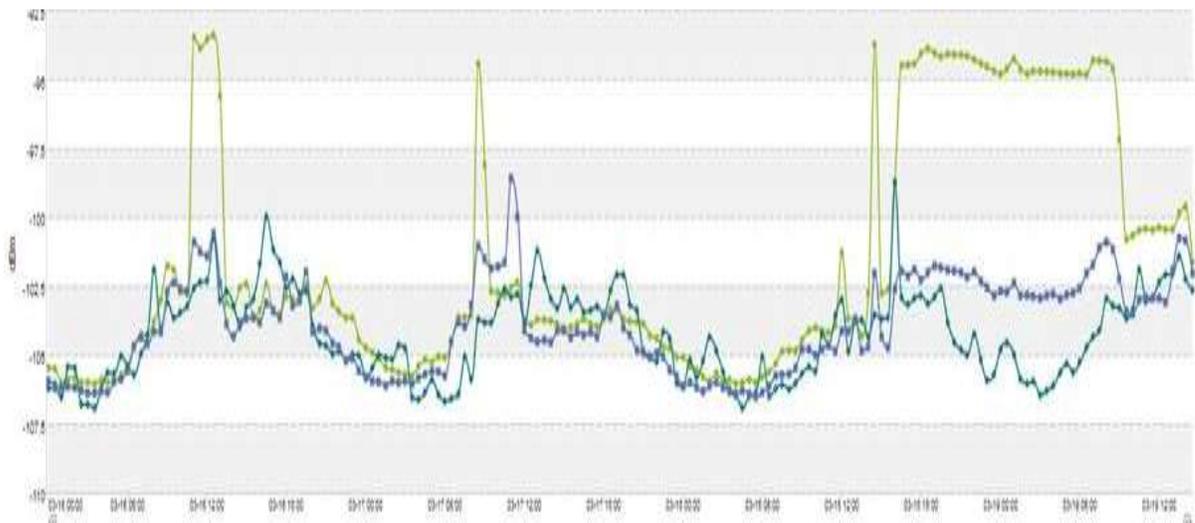


Figura 15-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS001 fecha 1

Fuente: Operadora del SMA

Tabla 13-3: Análisis Interferencia dBm vs tiempo - BTS001 fecha 1

| FECHA | HORA | SECTOR | | | |
|------------|---------------|--------|----|----|---|
| | | A | B | C | D |
| 2018-03-16 | 10:30 – 12:00 | SI | x | x | x |
| 2018-03-17 | 08:00 – 10:00 | SI | x | x | x |
| 2018-03-17 | 10:30 – 11:30 | x | x | SI | x |
| 2018-03-18 | 14:00 – 15:00 | SI | x | x | x |
| 2018-03-18 | 15:00 – 15:20 | x | SI | x | x |
| 2018-03-18 | 15:00 – 00:00 | SI | x | x | x |
| 2018-03-19 | 00:00 - 03:30 | SI | x | x | x |

Fuente: Operadora del SMA

Realizado por: Agustín Cortéz

Se puede evidenciar que existe interferencia en el sector, el Sector A, B y C.



Figura 16-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS001 fecha 2

Fuente: Operadora del SMA

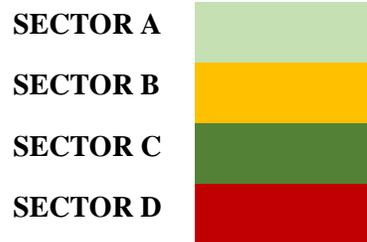


Figura 17-3: Codificación Figura 14. 3

Realizado por: Agustín Cortéz

Tabla 14-3: Análisis Figura 14-3

| FECHA | HORA | SECTOR | | | |
|------------|---------------|--------|----|---|----|
| | | A | B | C | D |
| 2018-03-26 | 05:30 – 22:00 | x | x | x | SI |
| 2018-03-26 | 19:00 – 00:00 | x | SI | x | x |
| 2018-03-27 | 00:00 – 09:00 | x | SI | x | x |
| 2018-03-26 | 18:30 – 00:00 | SI | x | x | x |
| 2018-03-27 | 00:00 – 10:00 | SI | x | x | x |
| 2018-03-27 | 06:00 – 22:00 | x | x | x | SI |
| 2018-03-28 | 06:30 – 22:30 | x | x | x | SI |
| 2018-03-29 | 06:30 – 13:00 | x | x | x | SI |

Fuente: Operadora del SMA

Realizado por: Agustín Cortez



Figura 18-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS001 fecha 3

Fuente: Operadora del SMA



Figura 19-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS001 fecha 4

Fuente: Operadora del SMA

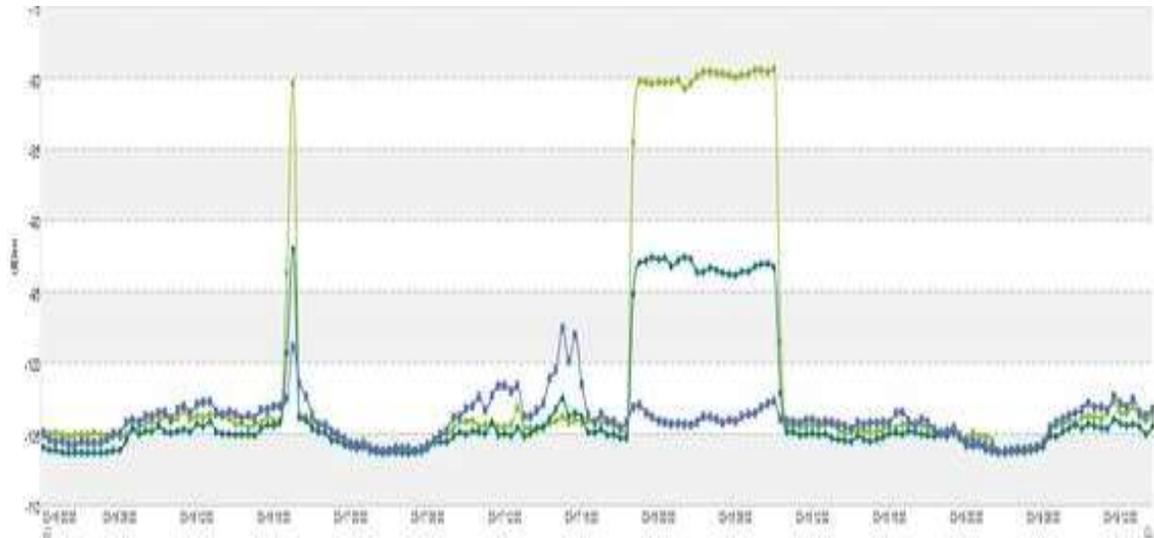


Figura 20-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS001 fecha 5

Fuente: Operadora del SMA

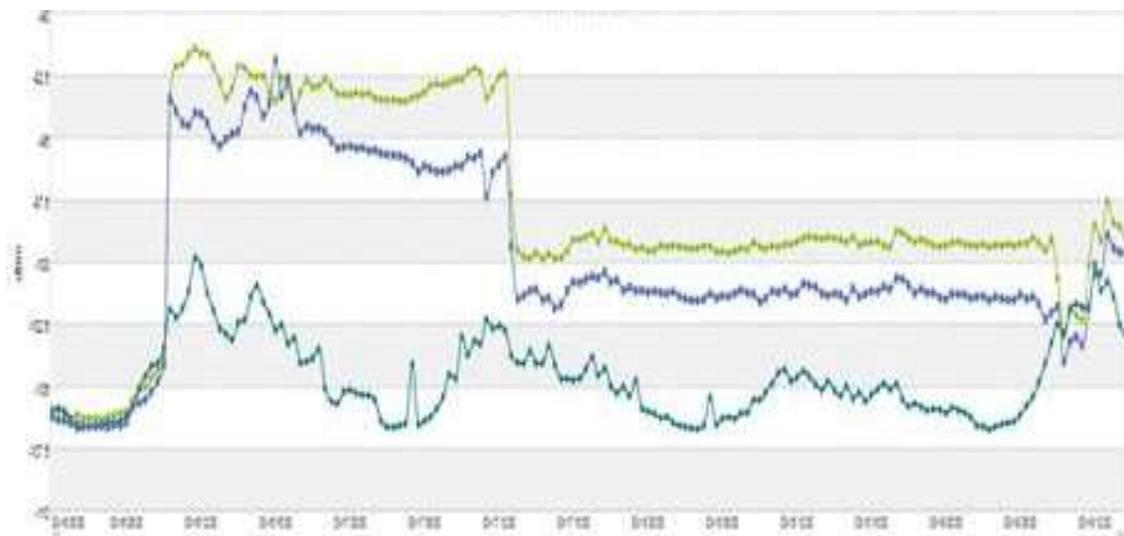


Figura 21-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS001 fecha 6

Fuente: Operadora del SMA

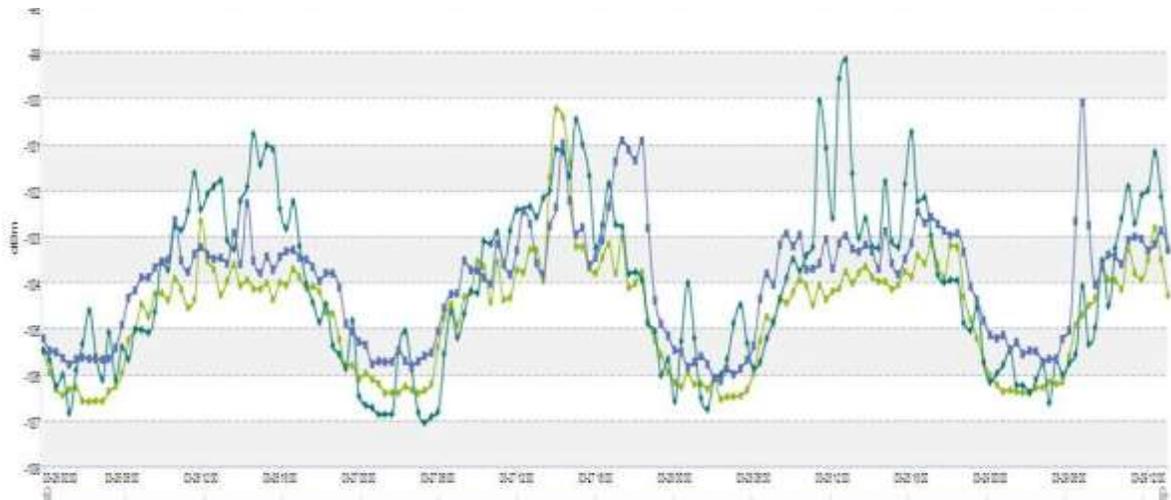


Figura 22-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS002 fecha 1

Fuente: Operadora del SMA

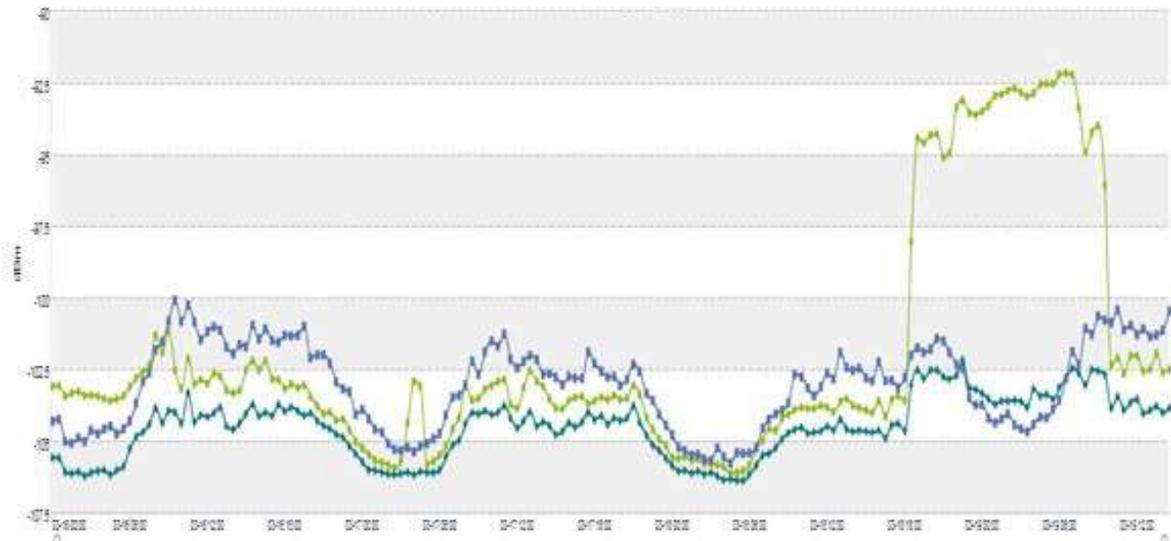


Figura 23-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS002 fecha 2

Fuente: Operadora del SMA



Figura 24-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS002 fecha 3

Fuente: Operadora del SMA

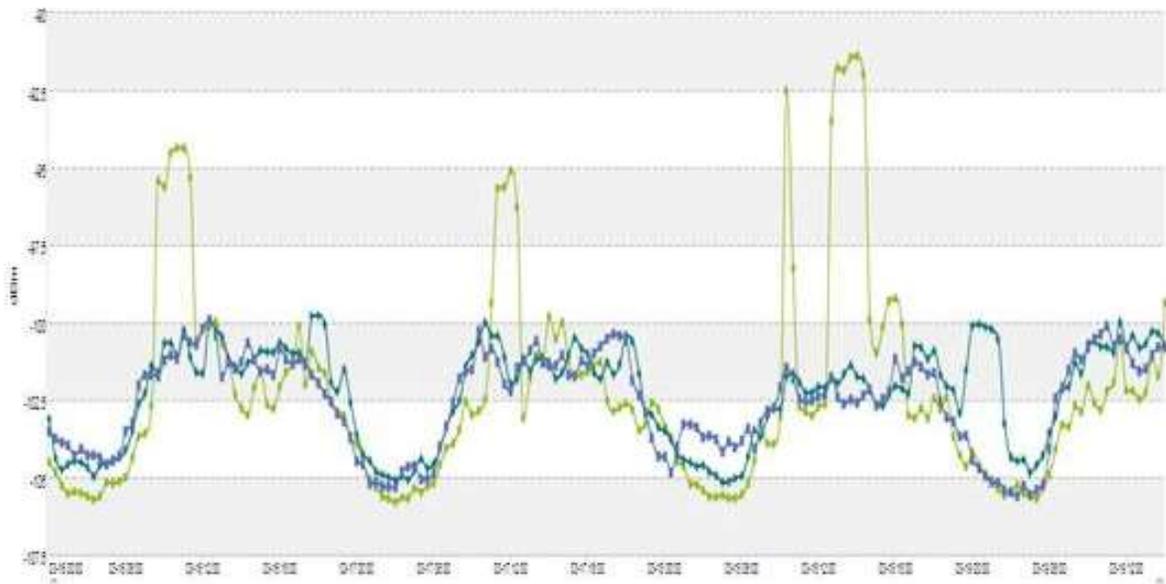


Figura 25-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS002 fecha 4

Fuente: Operadora del SMA



Figura 26-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS002 fecha 5

Fuente: Operadora del SMA



Figura 27-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS002 fecha 6

Fuente: Operadora del SMA

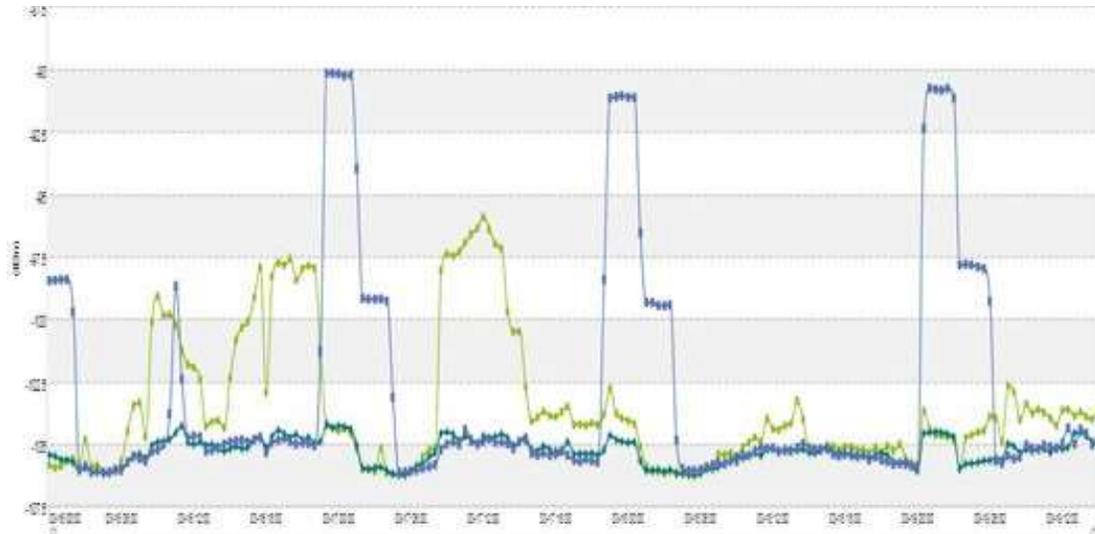


Figura 28-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS003 fecha 1

Fuente: Operadora del SMA

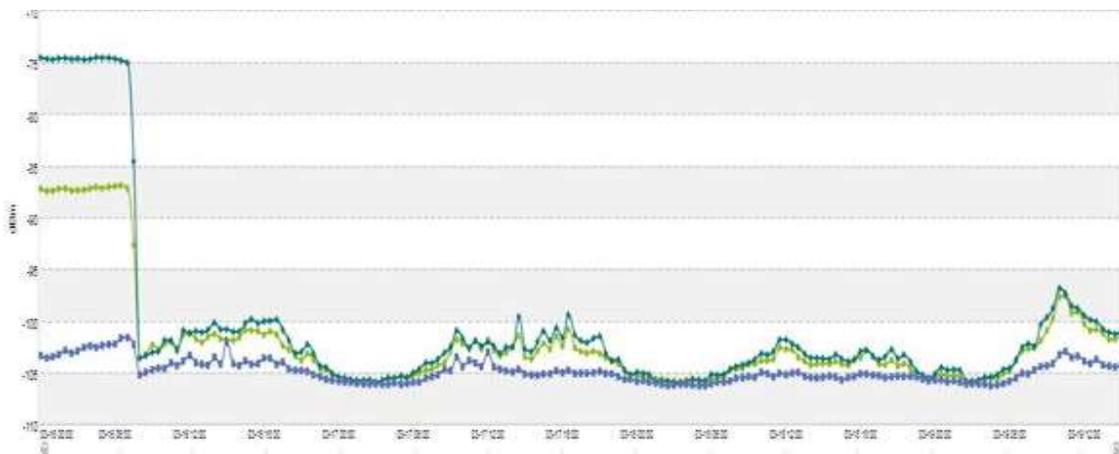


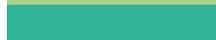
Figura 29-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS003 fecha 2

Fuente: Operadora del SMA

SECTOR A



SECTOR B



SECTOR C



SECTOR D



Figura 30-3: Codificación - ilustraciones con cuatro sectores

Realizado por: Agustín Cortéz

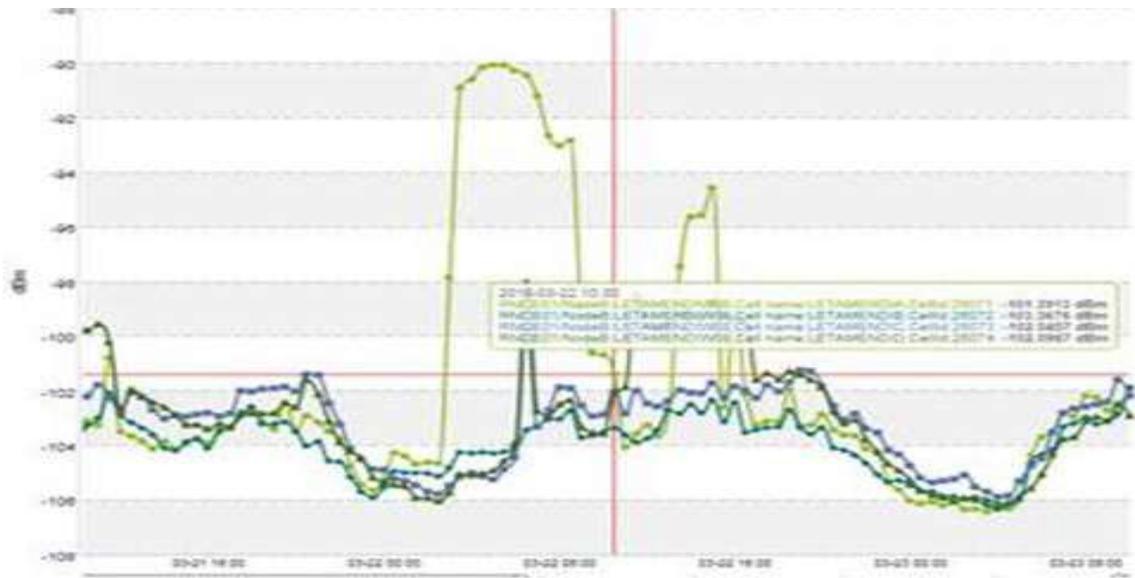


Figura 31-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS003 fecha 3

Fuente: Operadora del SMA

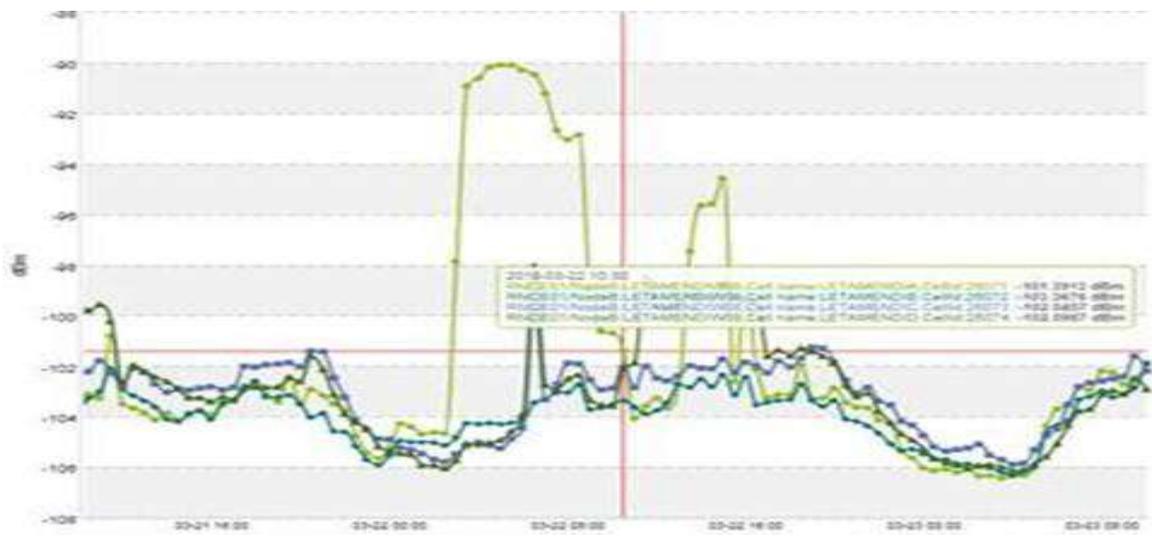


Figura 32-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS003 fecha 4

Fuente: Operadora del SMA

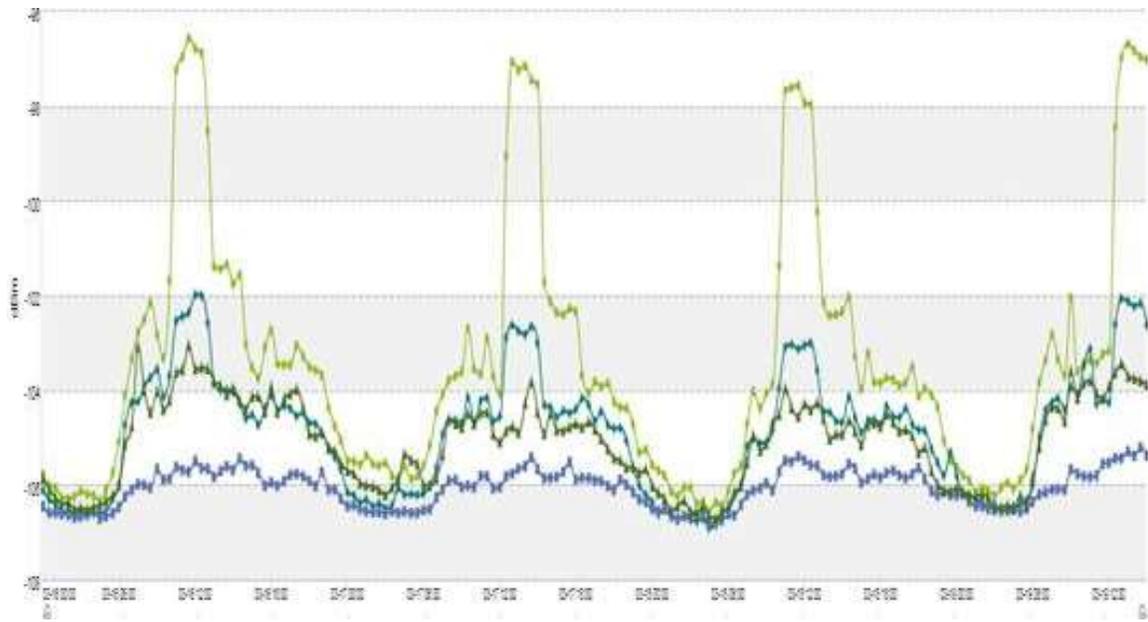


Figura 33-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS003 fecha 5

Fuente: Operadora del SMA

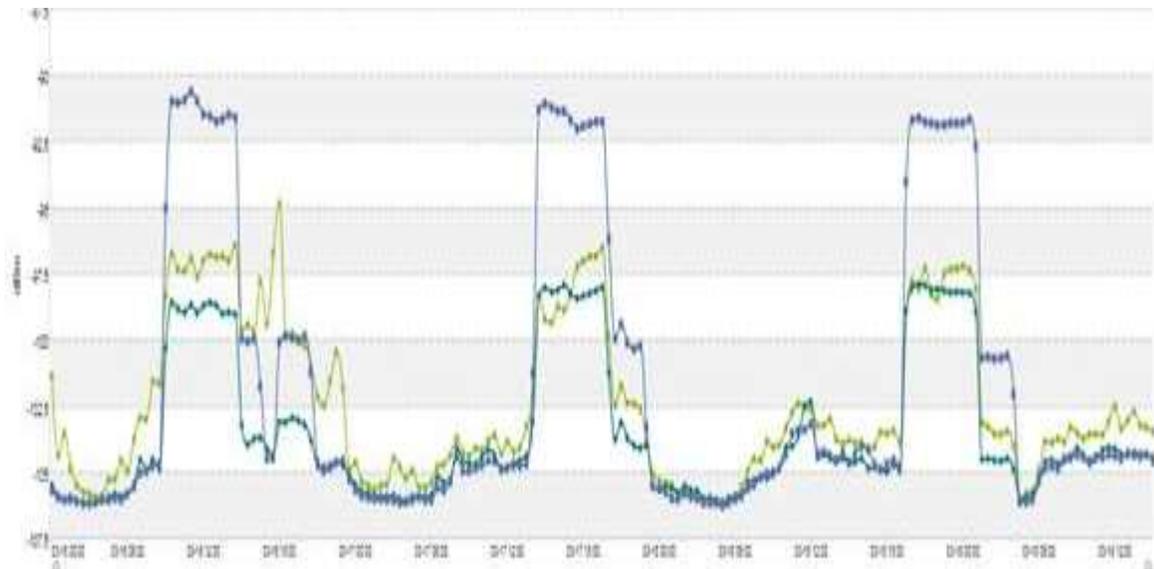


Figura 34-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS003 fecha 6

Fuente: Operadora del SMA



Figura 35-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS004 fecha 1

Fuente: Operadora del SMA

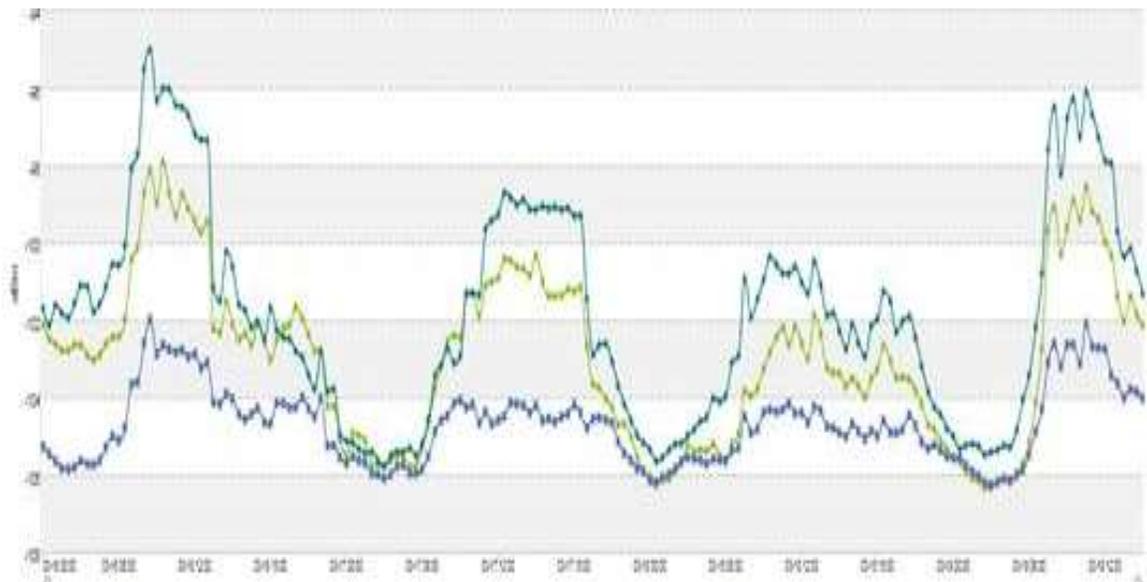


Figura 36-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS004 fecha 2

Fuente: Operadora del SMA

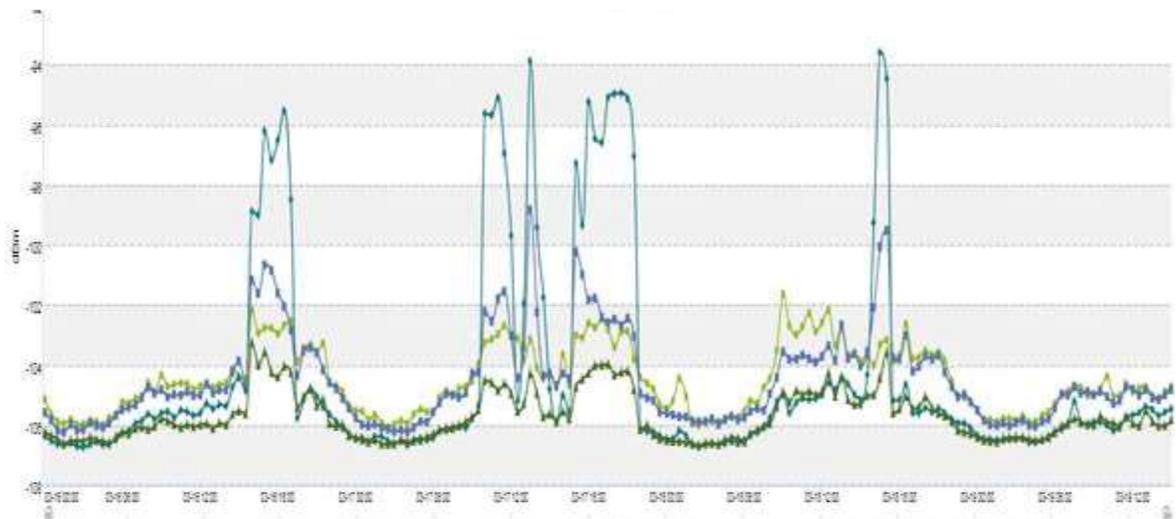


Figura 37-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS004 fecha 3

Fuente: Operadora del SMA



Figura 38-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS004 fecha 4

Fuente: Operadora del SMA

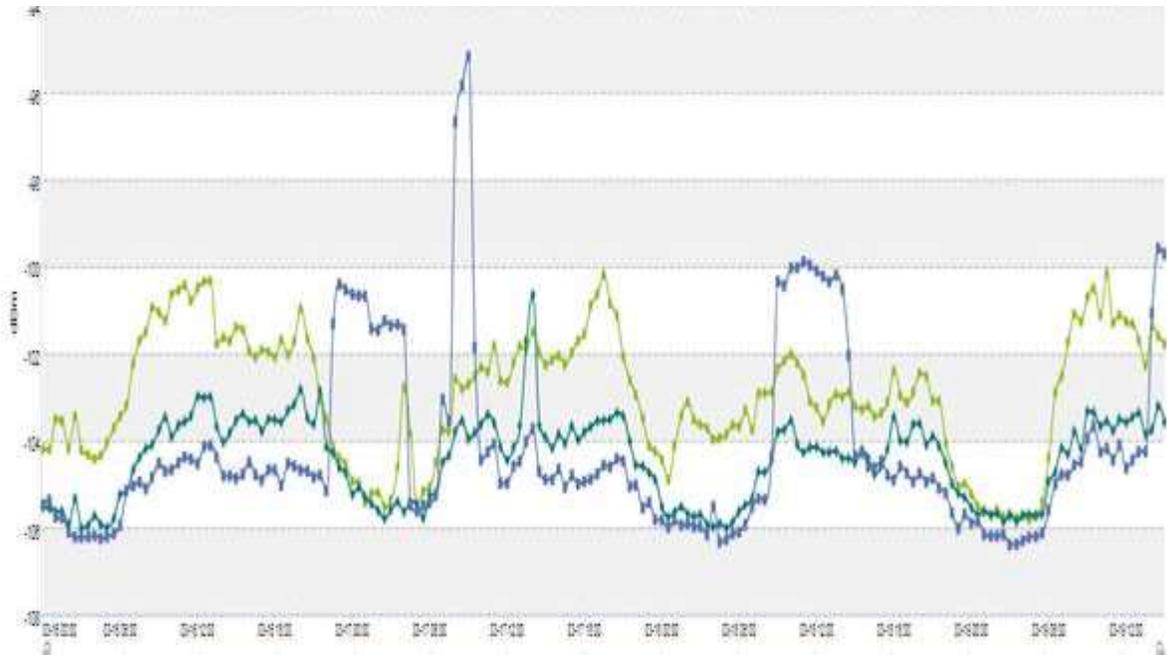


Figura 39-3: Interferencia dBm vs tiempo - BTS004 fecha 5

Fuente: Operadora del SMA

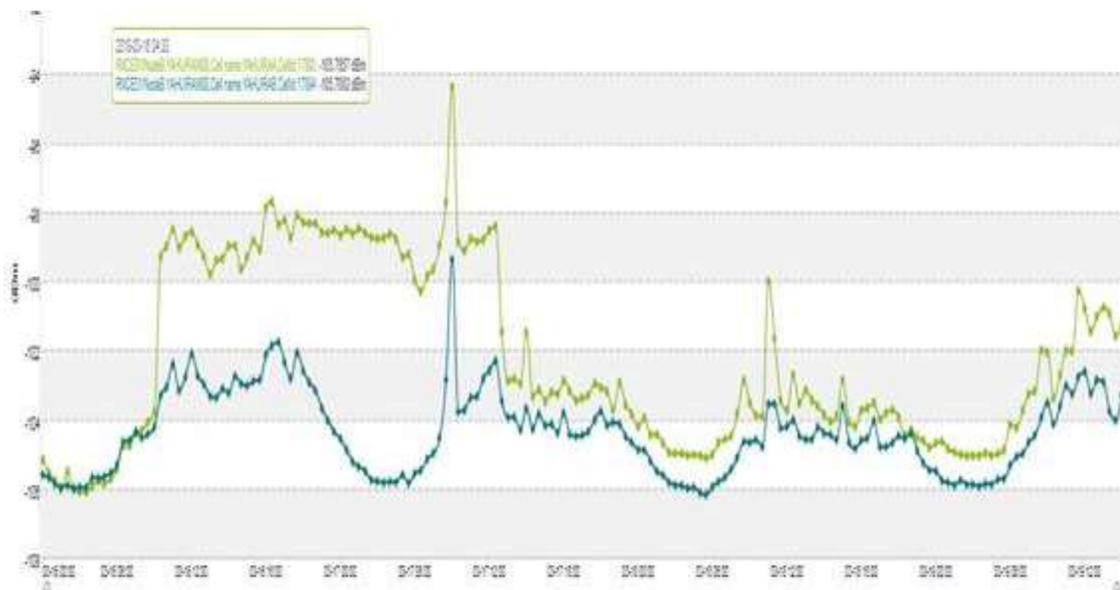


Figura 40-3 - Interferencia dBm vs tiempo - BTS004 fecha 6

Fuente: Operadora del SMA

3.10.1.1 Determinar el sector aproximado de la interferencia / casos de estudio

Analizando la información del punto anterior se pueden determinar que existen interferencias en varios sectores de la ciudad y se encuentran cerca de las siguientes BTS:

Tabla 15-3: Características RadioBase 001

| BTS 001 | |
|---------------------------|---------------------|
| N° | 1622 |
| Dirección | Olmedo y Benalcázar |
| Sector | A |
| Base Cima | 20 aprox. |
| Latitud | 1°40'34.50"S |
| Longitud | 78°38'54.50"O |
| Altura | 2761 msnm |
| Tecnología | UMTS |
| Tipo de Radiobase | OUTDOOR |
| Tipo de estructura | MONOPOLO |
| | |

Fuente: Operadora del SMA

Realizado por: Agustín Cortez

Tabla 16-3: Características RadioBase 002

| BTS 002 | |
|---------------------------|---------------------------------------|
| N° | 1525 |
| Dirección | Calle Vargas Torres y 11 de Noviembre |
| Sector | B |
| Base Cima | 21 aprox. |
| Latitud | 1°40'25.20"S |
| Longitud | 78°39'31.86"O |
| Altura | 2764 msnm |
| Tecnología | UMTS |
| Tipo de Radiobase | OUTDOOR |
| Tipo de estructura | MONOPOLO |

Fuente: Operadora del SMA

Realizado por: Agustín Cortez

Tabla 17-3: Características RadioBase 003

| BTS 003 | |
|---------------------------|--|
| N° | 950 |
| Dirección | Av. Leopoldo Freire S/N y 9 de octubre |
| Sector | C |
| Base Cima | 18 metros aprox. |
| Latitud | 1°41'21.90"S |
| Longitud | 78°37'56.50"O |
| Altura | 2734 msnm |
| Tecnología | GSM |
| Tipo de Radiobase | OUTDOOR |
| Tipo de estructura | MONOPOLO |

Fuente: Operadora del SMA

Realizado por: Agustín Cortéz

Tabla 18-3: Características RadioBase 004

| BTS 004 | |
|---------------------------|---|
| N° | 226 |
| Dirección | Av. Antonio José de Sucre; vía Riobamba-Guano |
| Sector | D |
| Base Cima | 18 metros aprox. |
| Latitud | 1°39'23.89"S |
| Longitud | 78°38'42.81"O |
| Altura | 2788 msnm |
| Tecnología | LTE |
| Tipo de Radiobase | OUTDOOR |
| Tipo de estructura | MONOPOLO |

Fuente: Operadora del SMA

Realizado por: Agustín Cortéz



Figura 41-3: Ubicación BTS 001

Realizado por: Agustín Cortez

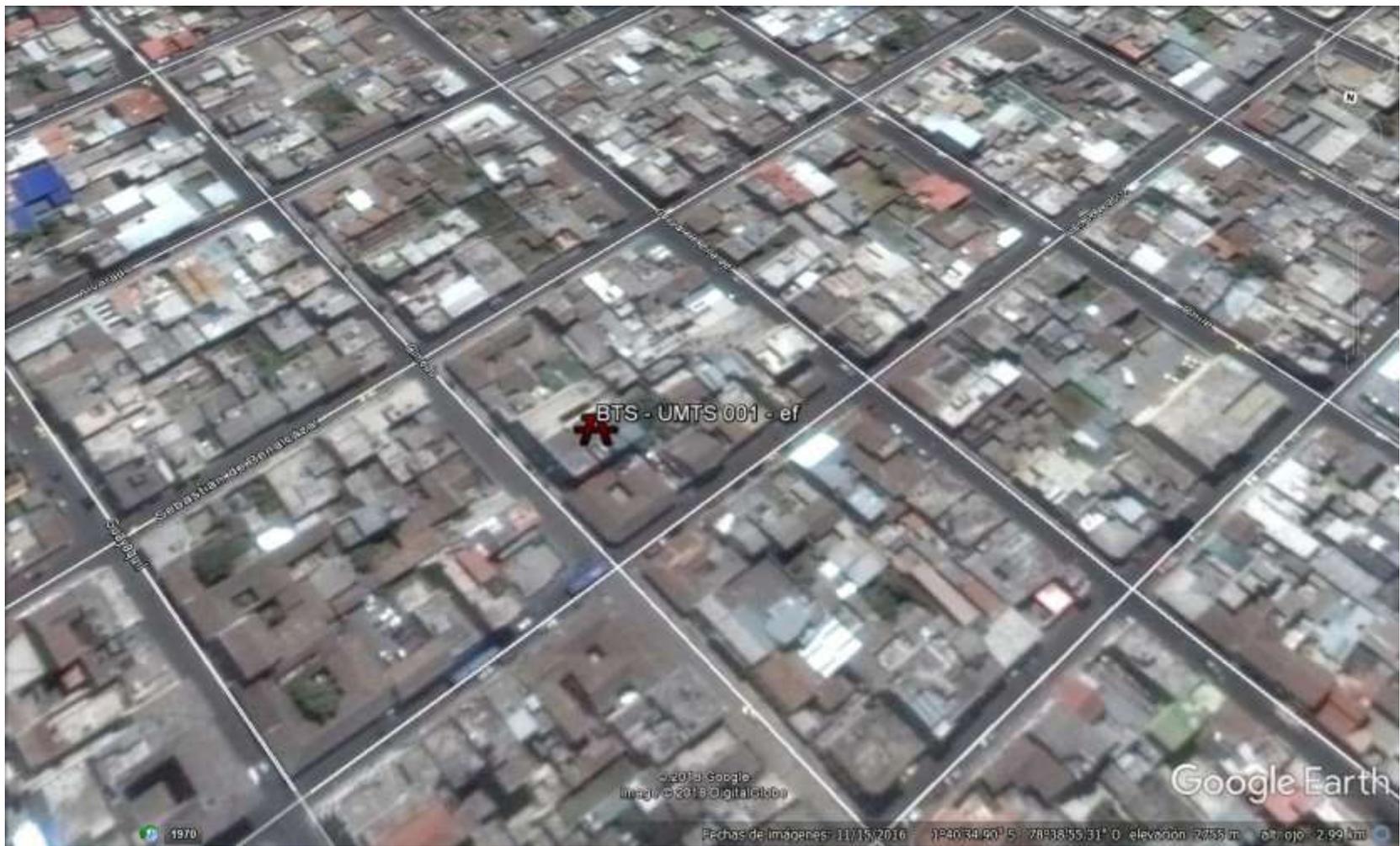


Figura 42-3: Mapa BTS 001

Fuente: Google Earth



Figura 43-3: Ubicación BTS 002

Realizado por: Agustín Cortez

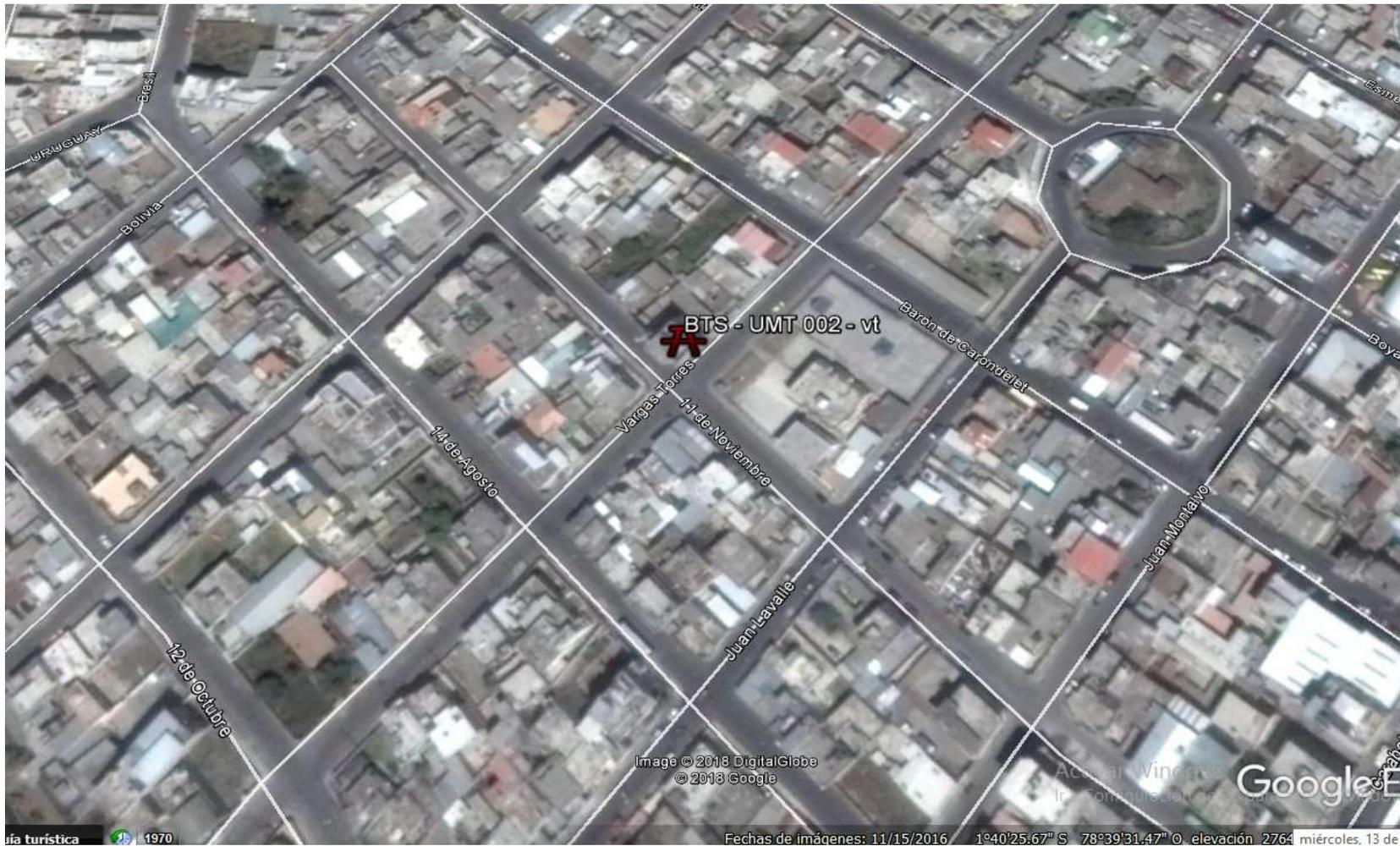


Figura 44-3: Mapa BTS 002

Fuente: Google Earth

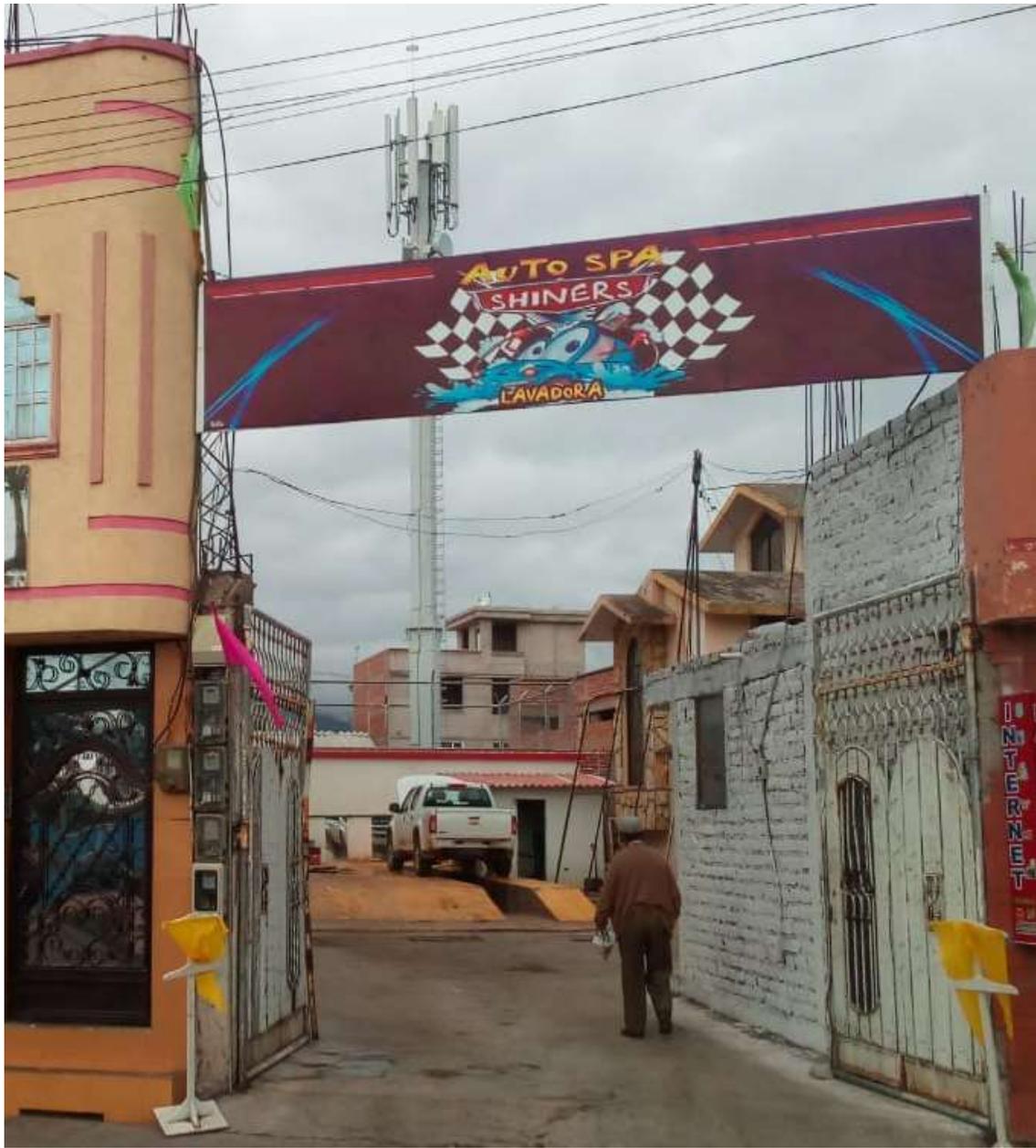


Figura 45-3: Ubicación BTS 003

Realizado por: Agustín Cortez



Figura 46-3: Antena BTS 003

Realizado por: Agustín Cortez



Figura 47-3: Mapa BTS 003

Fuente: Google Earth



Figura 48-3: Ubicación BTS 004

Realizado por: Agustín Cortez



Figura 49-3: Antena BTS 004

Realizado por: Agustín Cortez



Figura 50-3: Mapa BTS 004

Fuente: Google Earth

3.10.2 Mediciones

Una vez establecidas las radiobases que causan las interferencias se procedió a realizar las respectivas mediciones en los puntos citados anteriormente. Empleando el analizador de espectro y una antena Horn, se hizo uso de la radiogoniometría, que consiste en la detección de la dirección de una señal transmisora o en este caso puntual, el origen de la interferencia. Para esto se deben cubrir cada uno de los tres sectores de la antena de la radiobase del SMA, es decir 360° , cada uno de ellos abarca 120° o 4 sectores dependiendo de la radiobase, en cuyo caso cada sector sería de 90° .

Determinar el azimut probable de las señales diferentes a las emitidas por los equipos de la radiobase del SMA. Luego de esto se procedió a analizar los datos obtenidos de las correspondientes mediciones. Lo cual permitió encontrar la fuente, (señal interferente).

Se obtuvieron las siguientes capturas espectrales con la ayuda del analizador de espectro:

SEÑAL 1

SEÑAL 2



Figura 51-3: Codificación Señales (Interferencia y SMA)

Realizado por: Agustín Cortez

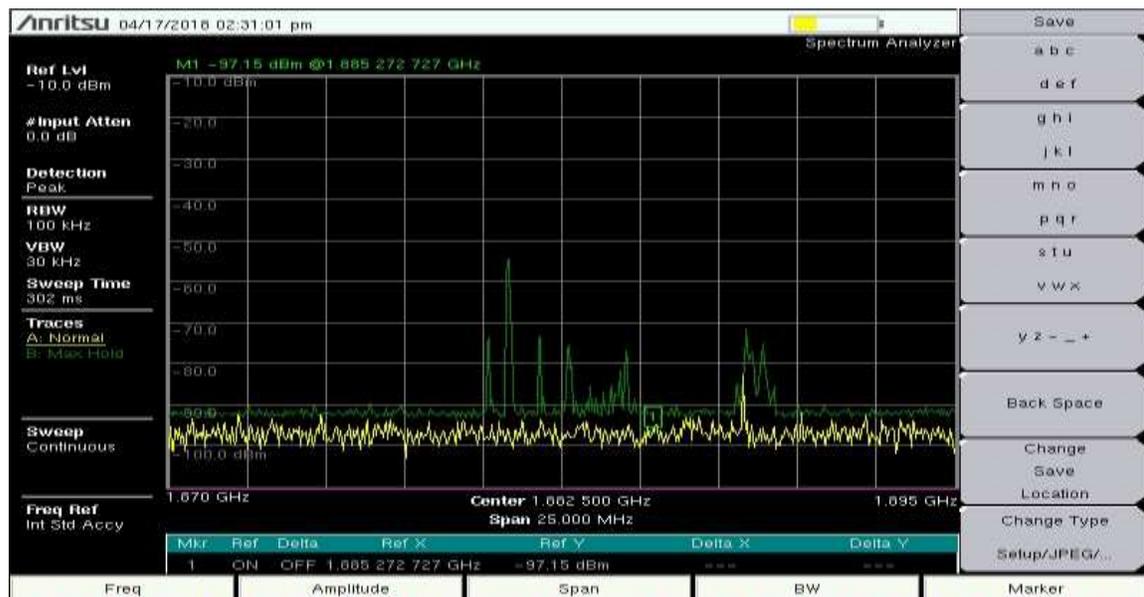


Figura 52-3: Interferencia BTS001

Realizado por: Agustín Cortez

Tabla 19-3: Análisis Interferencia BTS001

| CODIFICACIÓN DE LA SEÑAL | FRECUENCIA | NIVEL DE INTERFERENCIA (dBm) | RANGO DE FRECUENCIAS VISUALIZADO |
|--|--------------------|------------------------------|----------------------------------|
| Interferencia  SMA  | Frecuencia Central | -101 | 1.880 GHz – 1.895 GHz |
| | Pico más alto | -82.5 | |
| | Punto medido | -97.15 | |

Realizado por: Agustín Cortez

Se debe determinar cuál es el origen de la interferencia, dado que podría ser ocasionada por diferentes factores, estos podrían ser: intermodulación, armónicos u otros dispositivos. En este caso se consideran interferencias las señales superiores a menos ciento dos (-102) dBm.

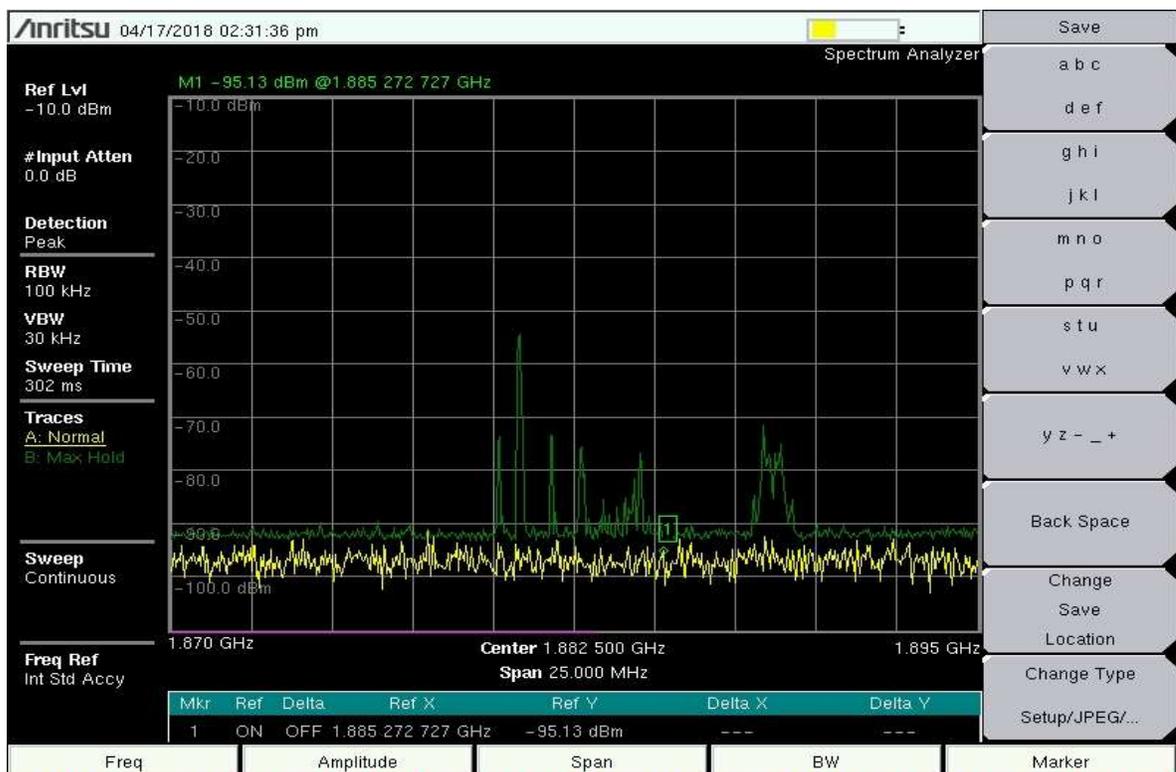


Figura 53-3: Interferencia BTS002

Realizado por: Agustín Cortez

Tabla 20-3: Análisis Interferencia BTS002

| CODIFICACIÓN DE LA SEÑAL | FRECUENCIA | NIVEL DE INTERFERENCIA (dBm) | RANGO DE FRECUENCIAS VISUALIZADO |
|--|--------------------|------------------------------|----------------------------------|
| Interferencia  SMA  | Frecuencia Central | -92.50 | 1.880 GHz – 1.895 GHz |
| | Pico más alto | -91.00 | |
| | Punto medido | -95.13 | |

Realizado por: Agustín Cortez

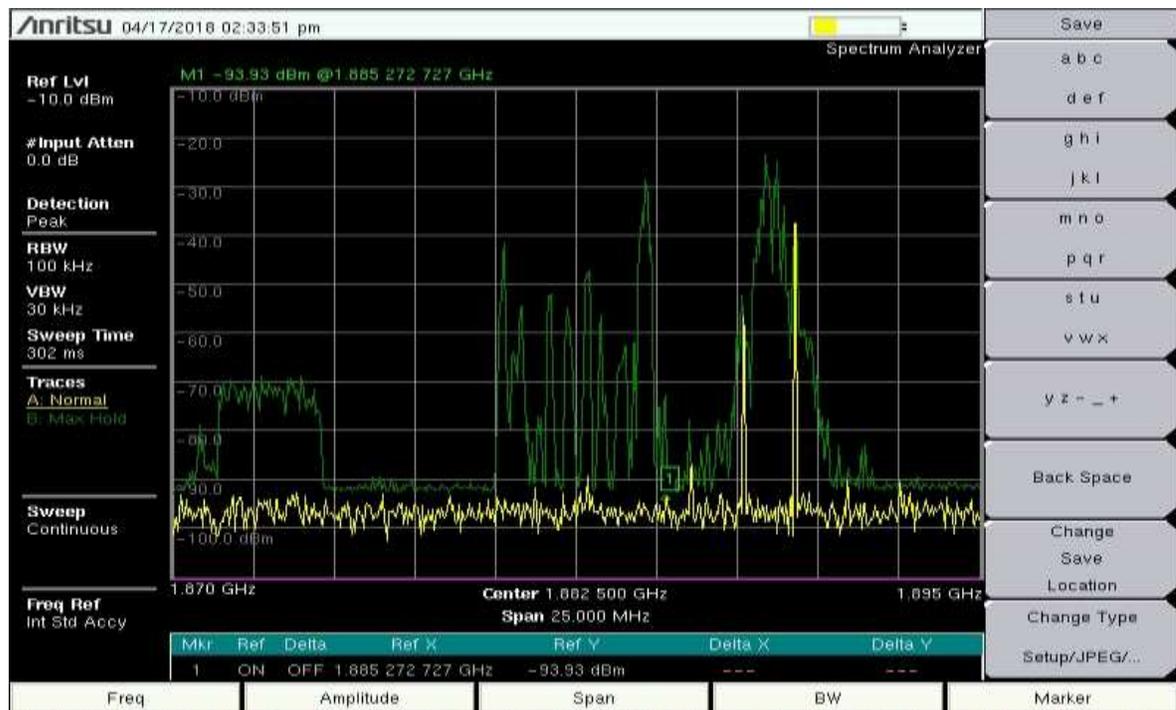


Figura 54-3: Interferencia BTS003

Realizado por: Agustín Cortez

Tabla 21-3: Análisis Interferencia BTS002

| CODIFICACIÓN DE LA SEÑAL | FRECUENCIA | NIVEL DE INTERFERENCIA (dBm) | RANGO DE FRECUENCIAS VISUALIZADO |
|--|--------------------|------------------------------|----------------------------------|
| Interferencia  SMA  | Frecuencia Central | -92,50 | 1.870 GHz – 1.895 GHz |
| | Pico más alto | -37,50 | |
| | Punto medido | -93,93 | |

Realizado por: Agustín Cortez

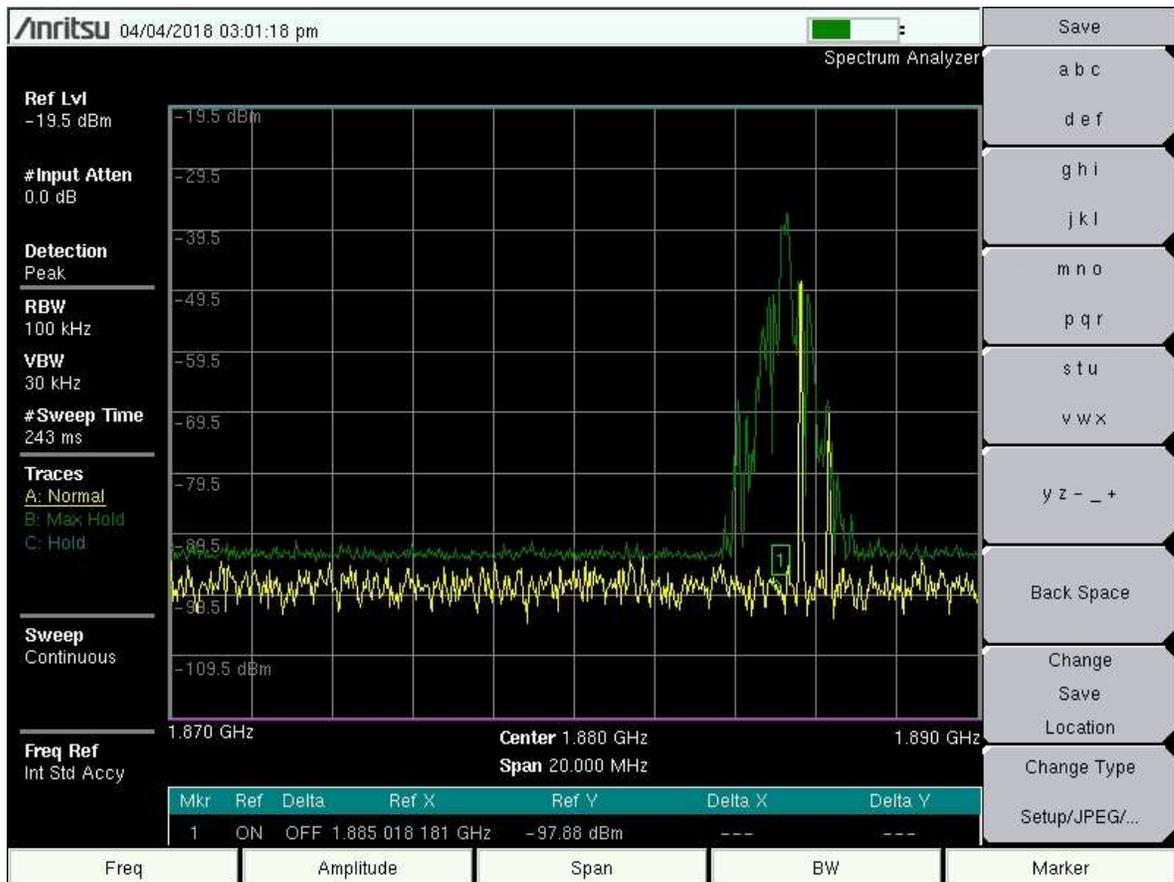


Figura 55-3: Interferencia BTS004

Realizado por: Agustín Cortez

Tabla 22-3: Análisis Interferencia BTS004

| CODIFICACIÓN DE LA SEÑAL | FRECUENCIA | NIVEL DE INTERFERENCIA (dBm) | RANGO DE FRECUENCIAS VISUALIZADO |
|--|--------------------|-------------------------------------|---|
| Interferencia  SMA  | Frecuencia Central | -95,50 | 1.870 GHz – 1.890 GHz |
| | Pico más alto | -47,50 | |
| | Punto medido | -97,88 | |

Realizado por: Agustín Cortez

Se conoce que las interferencias provienen de:

Tabla 23-3: Sector de interferencia 1

| Origen – Caso de estudio 1 | |
|-----------------------------------|---------------|
| Dirección | Loja y Chile |
| Latitud | 1°40'45.73"S |
| Longitud | 78°38'47.94"O |
| Altura | 2752 m.s.n.m |

Realizado por: Agustín Cortez

Se establece que se tiene una distancia aproximada de 0,41 Km de distancia entre la radiobase y el equipo causante de la interferencia. Es una distancia relativamente corta.

Realizando las mediciones en la siguiente BTS se pudo establecer que las interferencias provienen de la siguiente ubicación:

Tabla 24-3: Sector de interferencia 2

| Origen – Caso de estudio 2 | |
|-----------------------------------|---|
| Dirección | García Moreno entre Boyacá y Esmeraldas |
| Latitud | 1°40'29.97"S |
| Longitud | 78°39'15.96"O |
| Altura | 2759 m.s.n.m |

Realizado por: Agustín Cortez

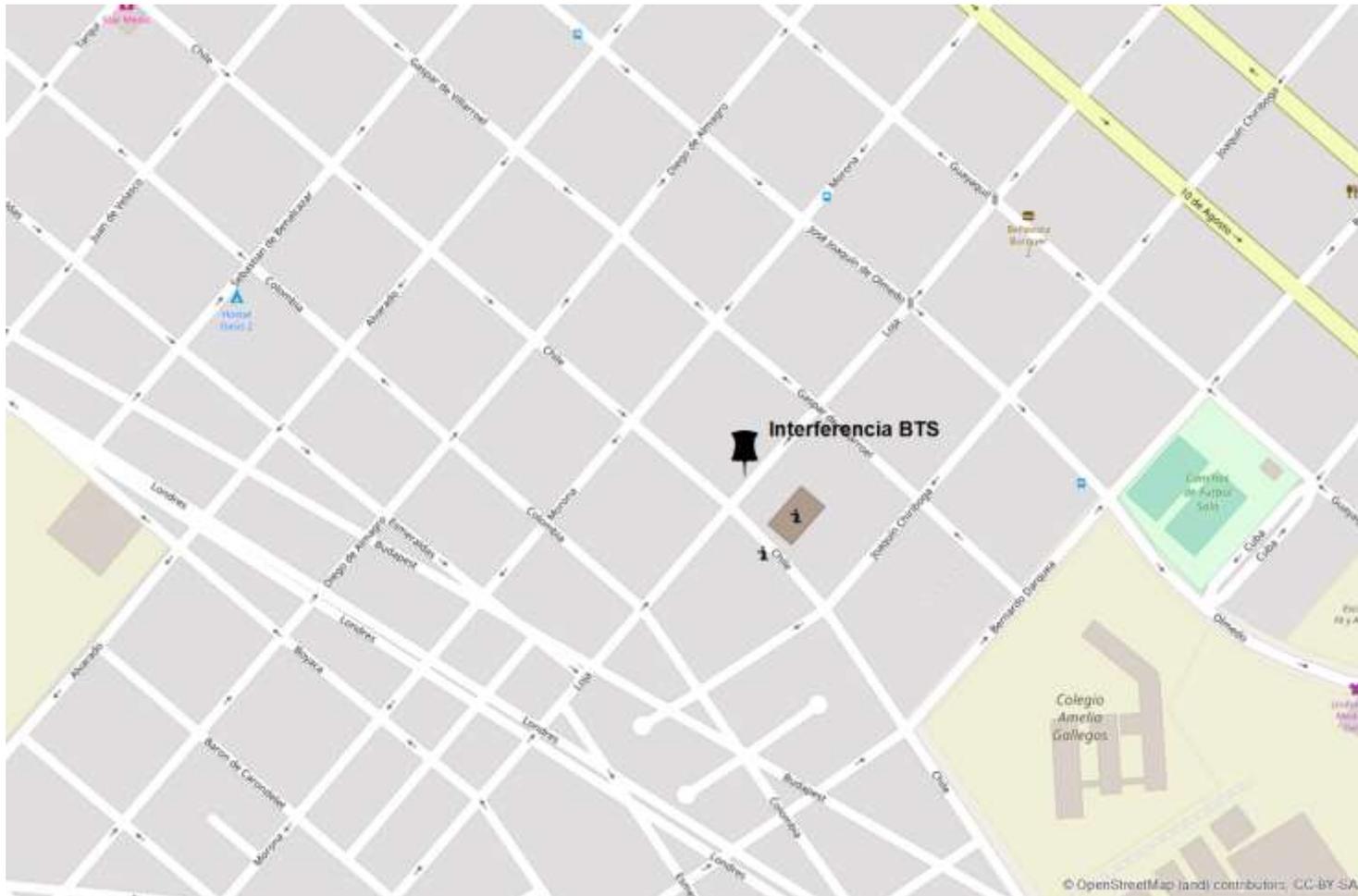


Figura 56-3: Mapa lugar de interferencia - Caso de estudio 1

Fuente: OpenStreetMap

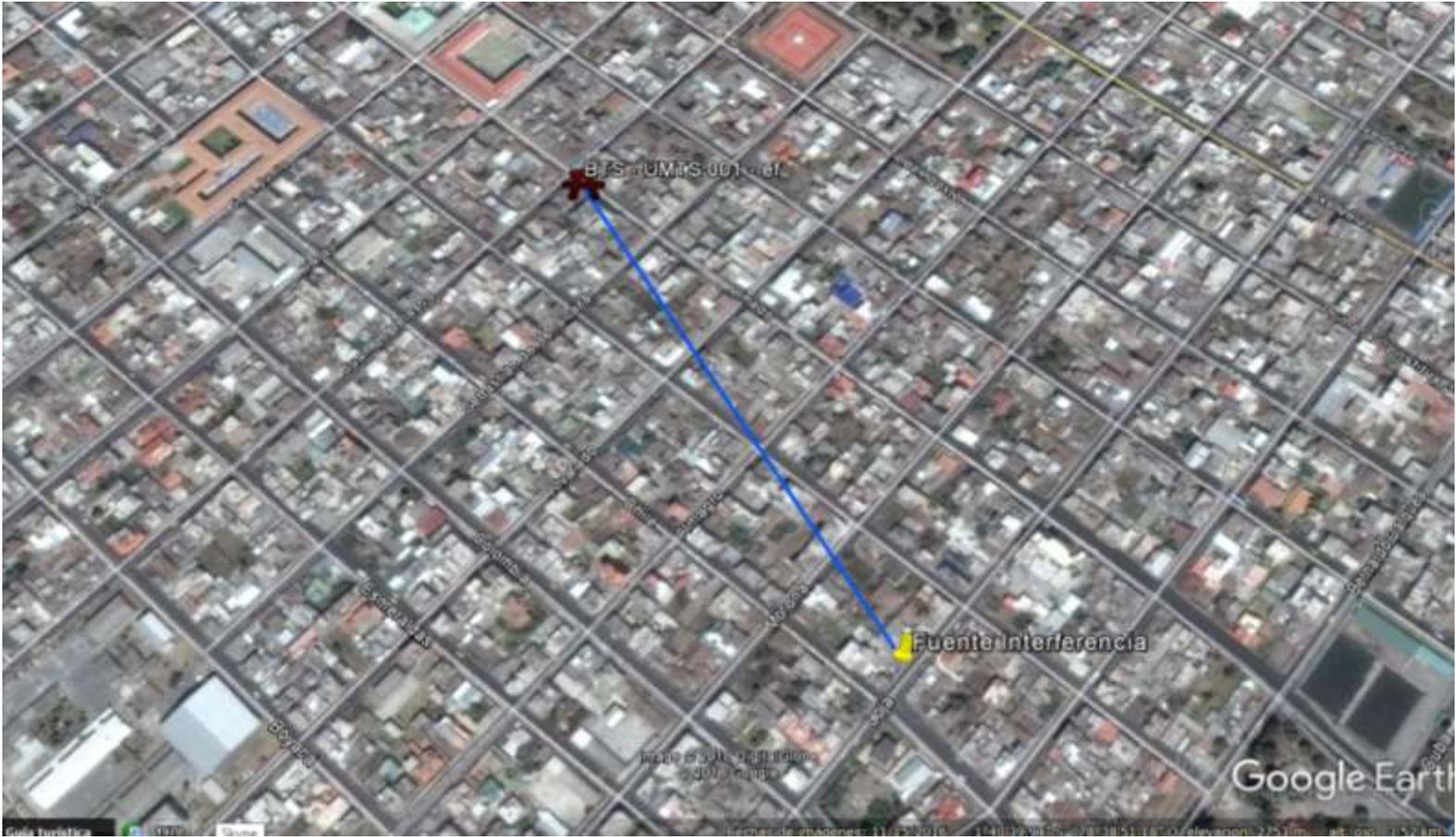


Figura 57-3: Radio de distancia BTS - Señal de interferencia - Caso de estudio 1

Fuente: Google Maps

Realizado por: Agustín Cortez

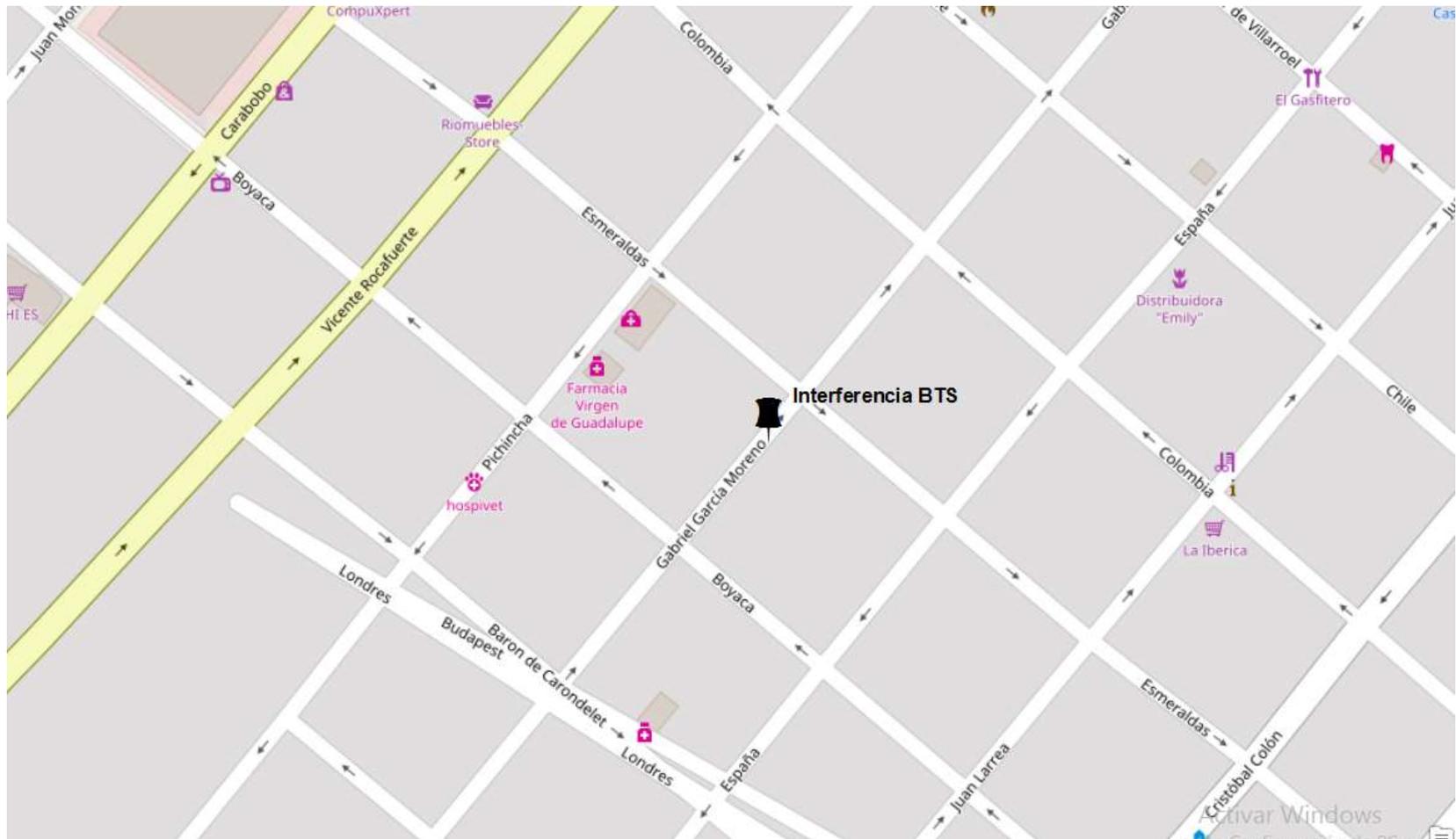


Figura 58-3: Mapa de interferencia caso de estudio 2

Fuente: OpenStreetMap

Realizado por: Agustín Cortez

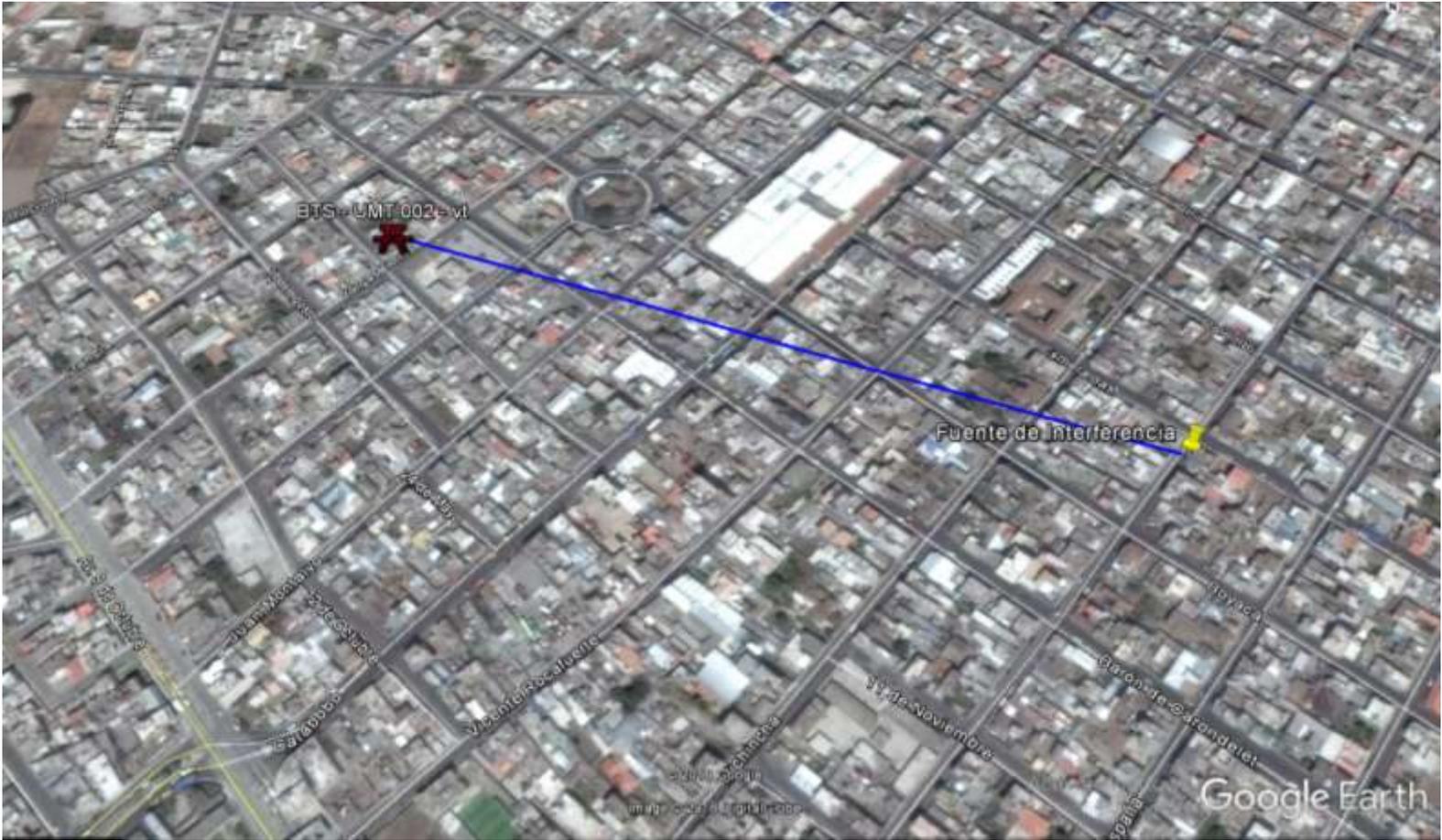


Figura 59-3: Radio de distancia BTS - Señal de interferencia - Caso de estudio 2

Fuente: Google Maps

Realizado por: Agustín Cortez

Tabla 25-3: Sector de interferencia 3

| Origen – Caso de estudio 3 | |
|-----------------------------------|----------------------------------|
| Dirección | Avda. Leopoldo Freire y Honduras |
| Latitud | 1°41'36.55"S |
| Longitud | 78°37'44.92"O |
| Altura | 2729 m.s.n.m |

Realizado por: Agustín Cortez

Tabla 26-3: Sector de interferencia 4

| Origen – Caso de estudio 4 | |
|-----------------------------------|---|
| Dirección | Francisco Rosales y Jaime Roldós Aguilera |
| Latitud | 1°39'30.94"S |
| Longitud | 78°38'40.19"O |
| Altura | 2729 m.s.n.m |

Realizado por: Agustín Cortez

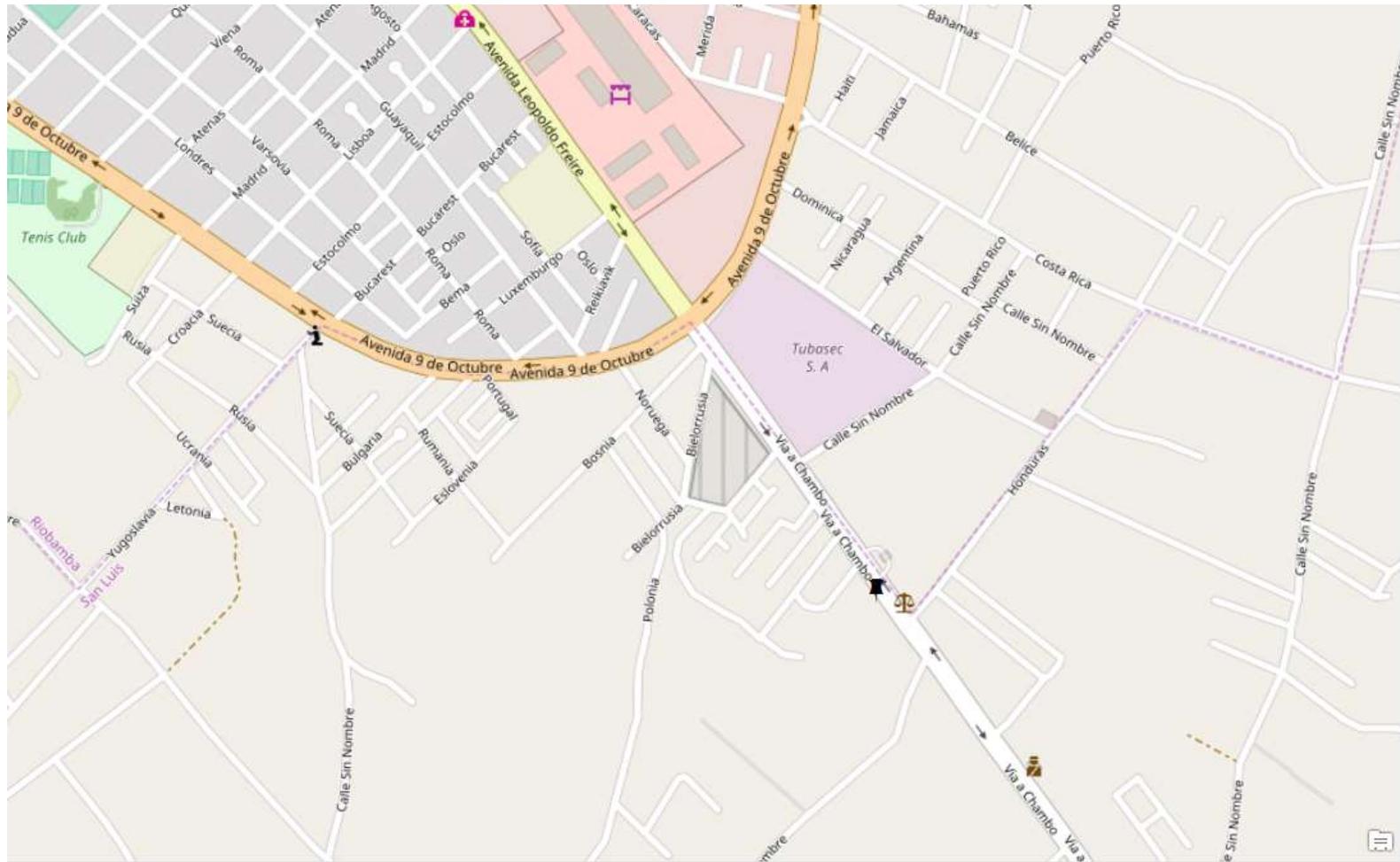


Figura 60-3: Mapa de interferencia caso de estudio 3

Fuente: OpenStreetMap

Realizado por: Agustín Cortez

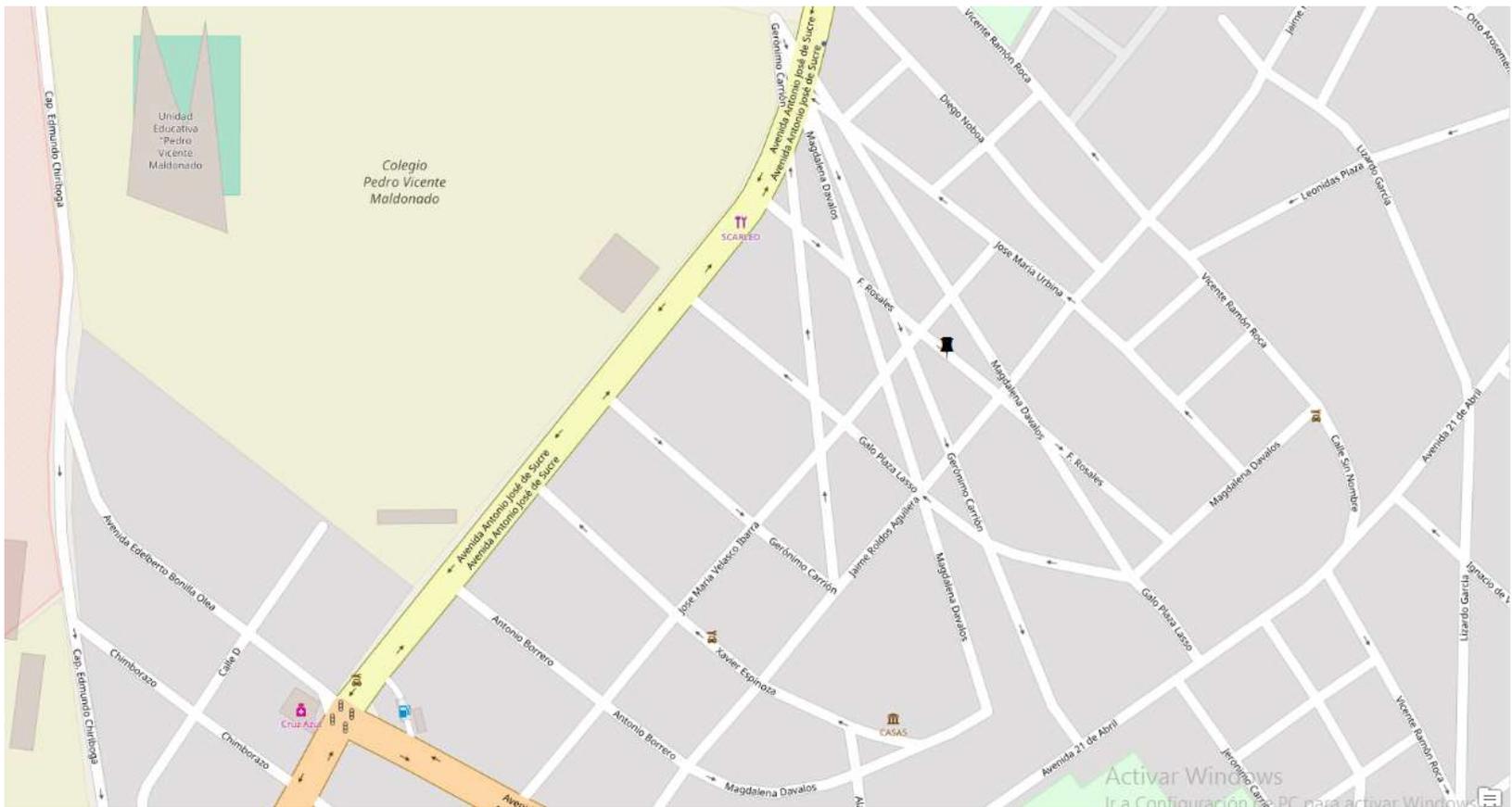


Figura 62-3 - Mapa de interferencia caso de estudio 4

Fuente: OpenStreetMap



Figura 63-3 - Radio de distancia BTS - Señal de interferencia - Caso de estudio 4

Fuente: Google Maps

Realizado por: Agustín Cortez

CAPÍTULO IV

4. DISCUSIÓN Y RESULTADOS

La investigación parte de la necesidad de solventar un problema presente en la comunicación entre usuarios de telefonía celular, causadas por interferencias presentes en el espectro radioeléctrico, que son producidas por diferentes factores. Actualmente no se encuentran investigaciones específicas sobre ésta problemática en particular por lo tanto es una investigación nueva que servirá como referente para futuros estudios e investigaciones.

En este capítulo se exponen los resultados de la investigación, los cuales se basan en todas las mediciones y la información recopilada en el proceso. Esta investigación permitió comprobar que los teléfonos digitales DECT (*Digital Enhanced Cordless Telecommunications*) producen interferencias perjudiciales sobre las frecuencias del servicio móvil avanzado en Ecuador. El SMA es quien provee el servicio de telefonía celular 3G y 4G.

Como lo citan (Juskauskas, y otros, 2013) en su investigación experimental de “Interferencias por radar en sistemas LTE en la banda de frecuencias de 1800 MHz”, concluyen que se pueden presentar interferencias en Radiobases LTE, (modelo utilizado - Huawei DBS3900), producidas por radares, cuando la potencia de la señal del radar supera los -30 dBm. El grado de impacto de la interferencia depende del ancho de banda del sistema LTE. (Juskauskas, y otros, 2013)

En la presente investigación, se determinó 4 casos de estudio porque se encontraron interferencias en 4 sectores de la ciudad.

4.1 Procesamiento de la información

La información recopilada en el proceso de investigación fue de diferentes fuentes. La información inicial se obtuvo de la operadora CONECEL (CLARO Ecuador), la cual determinó las BTS o radiobases que estaban sufriendo afectaciones.

Se obtuvieron capturas espectrales con la ayuda del analizador de espectro Anritsu, modelo MS2724B y una antena cónica modelo DRG-118 que permitió realizar radiogoniometría. Estas capturas se realizaron de forma periódica en 6 fechas diferentes, en los cuatro casos de estudio; lo que permitió

determinar el respectivo historial de interferencias, esto con la finalidad de obtener el sitio estimado de donde provenían las interferencias.

También se recopilaron fotografías de los casos de estudio citados en la investigación para determinar la ubicación de las BTS con interferencia; se hizo uso también de un GPS (Sistema americano de navegación y localización mediante satélites.) para conocer las respectivas coordenadas y determinar distancias y demás cálculos requeridos. Toda la información recopilada se almacenó en el respectivo computador como fotografías y en hojas de cálculo.

4.2 Resumen de los experimentos

4.2.1 Análisis de los resultados de los casos de estudio

Como se estableció en el punto del tamaño de la muestra se tiene un espacio muestral de 37 Radio Bases de la operadora CONECEL, dentro de las cuales se debía determinar en cuál o cuáles de éstas existían interferencias; en esta investigación se analizaron cuatro casos de estudio.

Es importante entender que las interferencias cocanal se producen cuando dos señales operan en el mismo rango de frecuencias.

La interferencia se produce debido a que los dos servicios operan en bandas similares de frecuencias, los rangos de operación de los teléfonos digitales DECT con estándar europeo publicados inicialmente por el ETSI (*Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones*), cuyos dispositivos operan en el rango de frecuencias entre 1880 MHz -1920 MHz, a su vez las radiobases del SMA coinciden con un tramo con las frecuencias del SMA, dicho tramo va de 1885 MHz a 1895 MHz, también interfiere en el tramo que va de 1895 MHz a 1910 MHz, asignado a CNT EP, aunque también puede deberse a otros factores como intermodulación, multitrayecto, ruido, armónicos u otros dispositivos.

Se evidenció también que los teléfonos DECT con estándar americano, no producen interferencias, estos se encuentran en los rangos de frecuencia de 1920 a 1930 MHz, por lo cual no se cruzan las señales emisoras.

Para un usuario convencional es difícil determinar si tiene estándar americano o europeo es por eso que este tipo de investigaciones son importantes para solventar problemáticas como esta, por medio de diferentes acciones que están planteadas en las recomendaciones de este documento.

Se pudo comprobar también que las interferencias no solo se producen a los alrededores de las BTS sino también en una distancia un poco más larga.

Tabla 27-4: Distancia entre las BTS y las señales de interferencia

| | |
|----------------|--|
| BTS 001 | Distancia a la fuente de interferencia: 0,410 Km |
| BTS 002 | Distancia a la fuente de interferencia 0,520 Km |
| BTS 003 | Distancia a la fuente de interferencia 0,613 Km |
| BTS 004 | Distancia a la fuente de interferencia 0,233 Km |

Realizado por: Agustín Cortez

En base a los resultados obtenidos en la investigación se pudo determinar un mecanismo que permita regular la utilización de equipos DECT homologados, en el país.

Por lo expuesto anteriormente y de acuerdo a lo observado se puede determinar qué: Las interferencias presentes en el caso de estudio 1, 3 y 4 se deben a la presencia de teléfonos DECT con estándar europeo, esto se ha explicado con los diferentes análisis de las gráficas y a lo largo del documento. Se recopiló la siguiente información referente a las marcas y modelos de los teléfonos encontrados en los lugares de donde provenían las interferencias, algunos usuarios tenían más de un teléfono en el domicilio.

Tabla 28-4: Teléfonos DECT con estándar europeo encontrado en los casos de estudio

| Marca | Modelo |
|--------------|----------------|
| Panasonic | KX – TG1311SP |
| Panasonic | KX - TGB210SP |
| Panasonic | KX - TGB210SPW |
| Panasonic | KX – TG1611SPH |
| Philips | D605DUO |

Realizado por: Agustín Cortez



Figura 64-4: Teléfonos DECT Panasonic KX – TG1311SP

Fuente: Agustín Cortez

Tabla 29-4: Modelos teléfonos DECT con estándar americano

| Marca | Modelo |
|-----------|---------------|
| Panasonic | KX – TGC350LA |
| Panasonic | KX – TGB110LA |
| Panasonic | KX – TGK210LA |
| Panasonic | KX – TGF540LA |
| Panasonic | KX – TGE110 |

Fuente: <https://www.panasonic.com/ec>

Realizado por: Agustín Cortéz

El caso de estudio 2, es diferente, porque se evidenció que la interferencia presente se debe a la suma de armónicos de la frecuencia 633.25 MHz, como se explica a continuación.

Se recopilaron capturas espectrales obtenidas con el analizador de espectro marca Rohde & Schwarz modelo FSP-400.

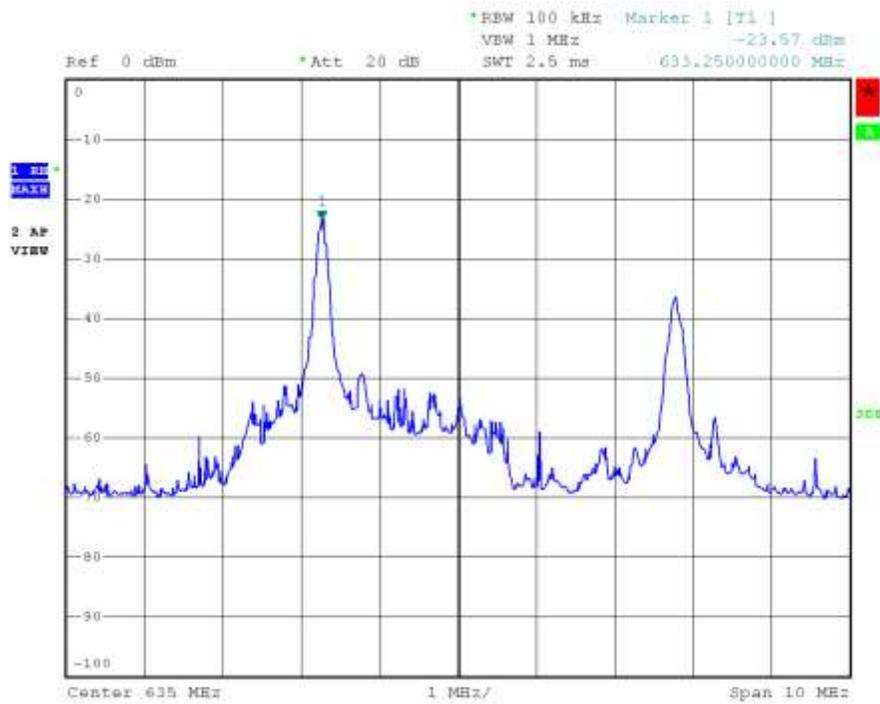


Figura 65-4: Frecuencia principal de un canal de TV

Realizado por: Agustín Cortez

Medición de frecuencias en el rango 630 MHz a 640 MHz

Tabla 30-4: Análisis Figura 64-4

| PUNTOS MEDIDOS (IZQ-DER) | FRECUENCIA MHz | AMPLITUD dBm |
|-----------------------------|-------------------|-----------------|
| Primero | 633.25 | -23.57 |
| Central | 635 | -55.00 |

Realizado por: Agustín Cortez

Tercer armónico de la frecuencia 633.25 MHz, es decir, 1899.75 MHz (marcador 4), señal interferente que opera dentro de la banda de frecuencias asignada a la operadora CNT EP.

4.2.1.1 Análisis de la primera señal interferente

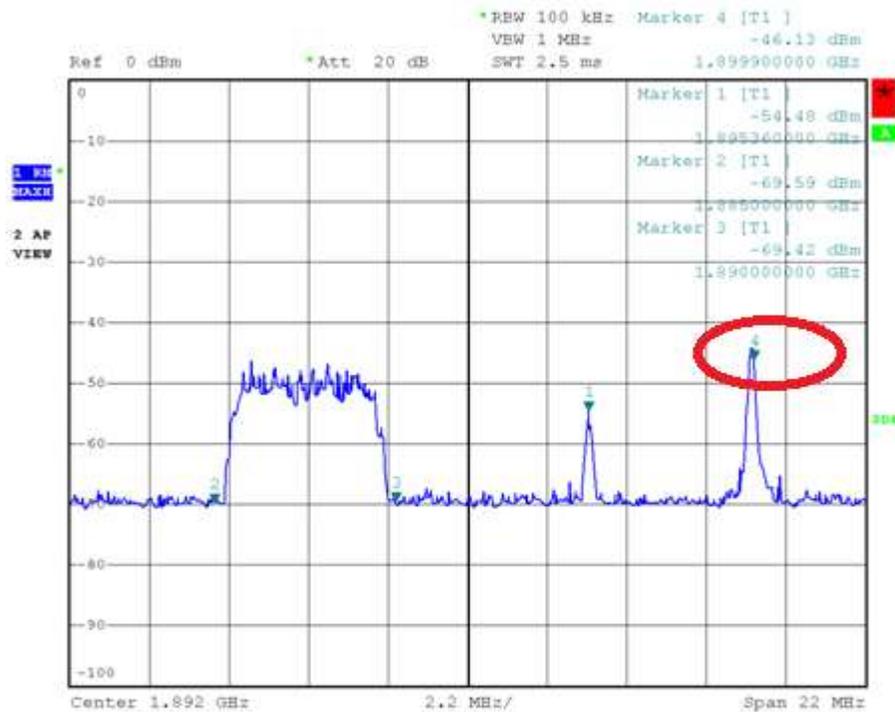


Figura 66-4: Señal interferente, 3er armónico de la frecuencia de video de un canal de TV

Fuente: Agustín Cortez

Medición de frecuencias en el rango de 1880 GHz – 1900 GHz.

Tabla 31-4: Análisis Figura 66-4

| PUNTOS MEDIDOS (izq-der) | FRECUENCIA GHz | AMPLITUD dBm | OBSERVACIÓN |
|--------------------------|----------------|--------------|-------------------------|
| Primero | 1.885 | -69.59 | Señal 4G del SMA Uplink |
| Segundo | 1.890 | -69.42 | Señal 4G del SMA Uplink |
| Tercero | 1.895 | -54.48 | Señal Interferente 1 |
| Cuarto | 1.889 | -46.13 | Señal Interferente 2 |

Realizado por: Agustín Cortez

4.2.1.2 Análisis de la segunda señal interferente

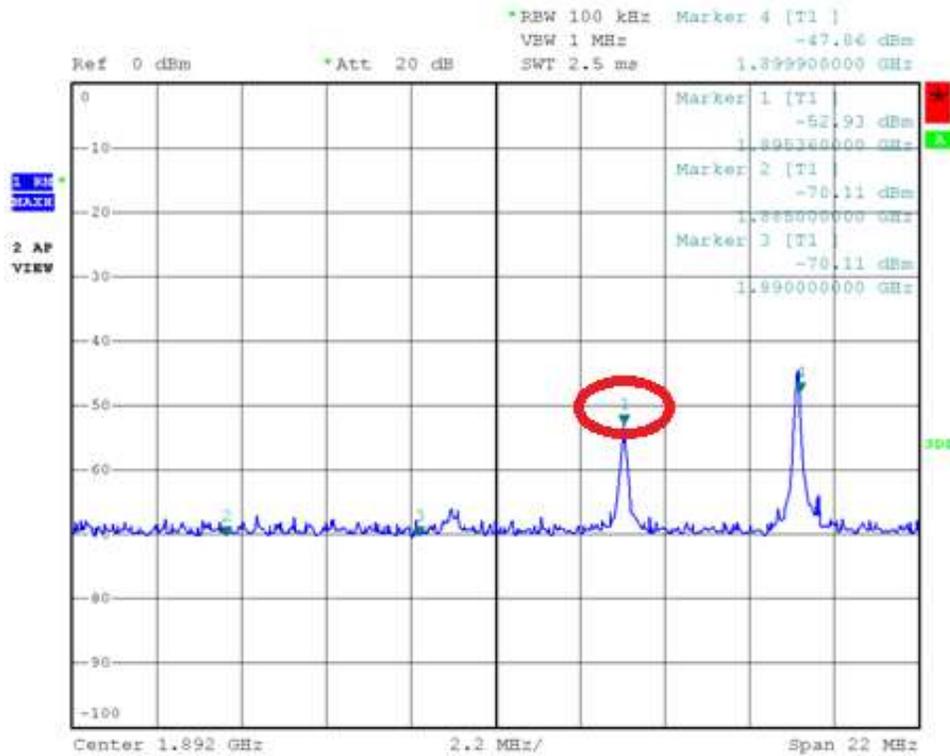


Figura 67-4: Medición de frecuencias de 1880 GHz – 1900 GHz

Fuente: Agustín Cortez

Tabla 32-4: Análisis Figura 67.4

| PUNTOS MEDIDOS (IZQ-DER) | FRECUENCIA GHz | AMPLITUD dBm |
|--------------------------|----------------|--------------|
| Primero | 1.885 | -70.11 |
| Segundo | 1.890 | -70.11 |
| Tercero | 1.895 | -52.93 |
| Cuarto | 1.899 | -47.86 |

Realizado por: Agustín Cortez

Tabla 33-4: Resumen armónicos

| f1 | 2f1 | 3f1 | 4f1 | f2 | 2 f2 | 3 f2 | Señal |
|--------|--------|---------|--------|--------|--------|---------|-------|
| 633,25 | 1266,5 | 1899,75 | 2533 | 506 | 1012 | 1518 | Video |
| 1895,8 | 3791,6 | 5687,4 | 7583,2 | 637,75 | 1275,5 | 1913,25 | Audio |

Realizado por: Agustín Cortez

Por lo tanto, se puede evidenciar una interferencia con el cuarto armónico de la frecuencia 633.25 MHz, menos la frecuencia de audio 637.75. Esto es igual a:

$$\begin{aligned}
 f &= 4(633.25) - 637.75 \\
 &= 2533 - 637.75 \\
 &= 2533 - 637.75 \\
 &= 1895,25 \text{ MHz}
 \end{aligned}$$

4.2.1.3 Análisis general teléfonos digitales

A continuación, se puede observar una explicación general de los análisis realizados a los teléfonos digitales DECT con los 2 estándares.

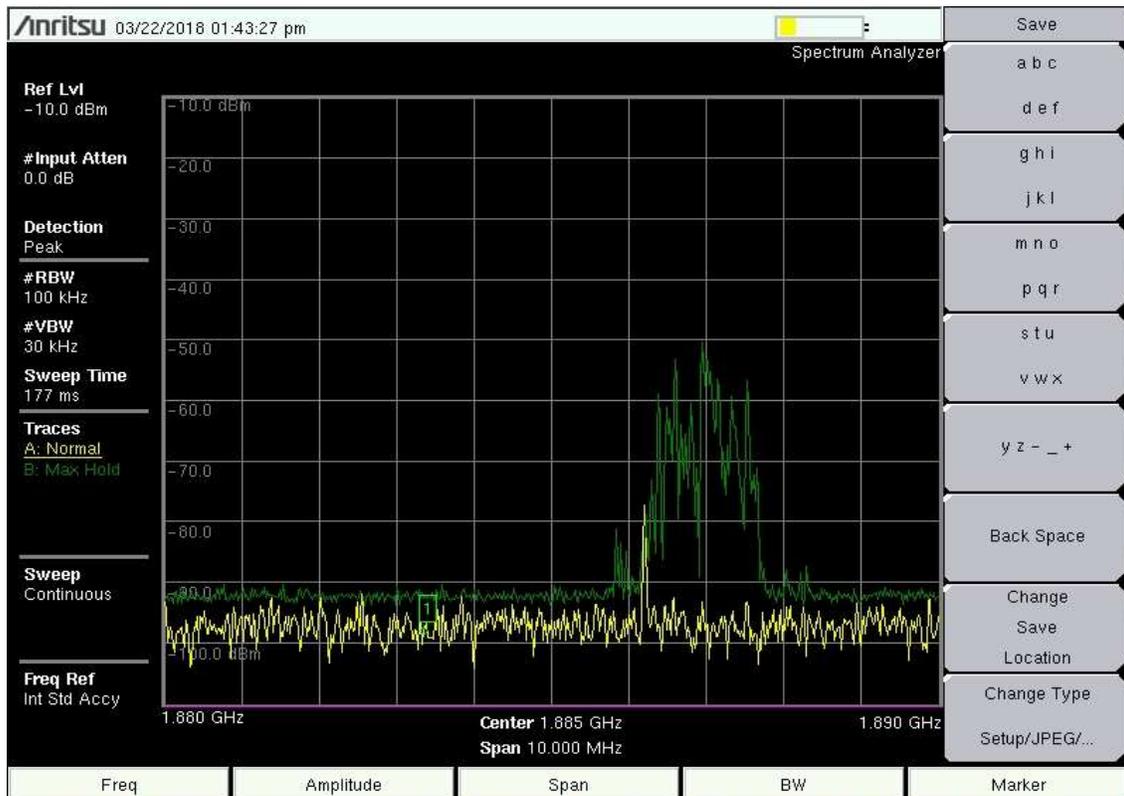


Figura 68-4: Captura espectral realizada a un teléfono DECT estándar Europeo

Fuente: Agustín Cortez

Tabla 34-3: Análisis Figura 64-4

| SEÑAL | FRECUENCIA | NIVEL DE INTERFERENCIA | RANGO DE FRECUENCIAS |
|--|----------------------------------|------------------------|-----------------------|
| Interferencia  SMA  | Frecuencia Central (1885 GHz) | -94,00 dBm | 1.880 GHz – 1.890 GHz |
| | Pico más alto (1887,5 GHz) | -75,00 dBm | |

Realizado por: Agustín Cortez

Del análisis se desprende que en el momento y lugar en el que se realizaron las capturas espectrales se pudo evidenciar que se presentan dos señales, una de las cuales produce una interferencia, esta interferencia es producida por un teléfono digital DECT con estándar europeo.

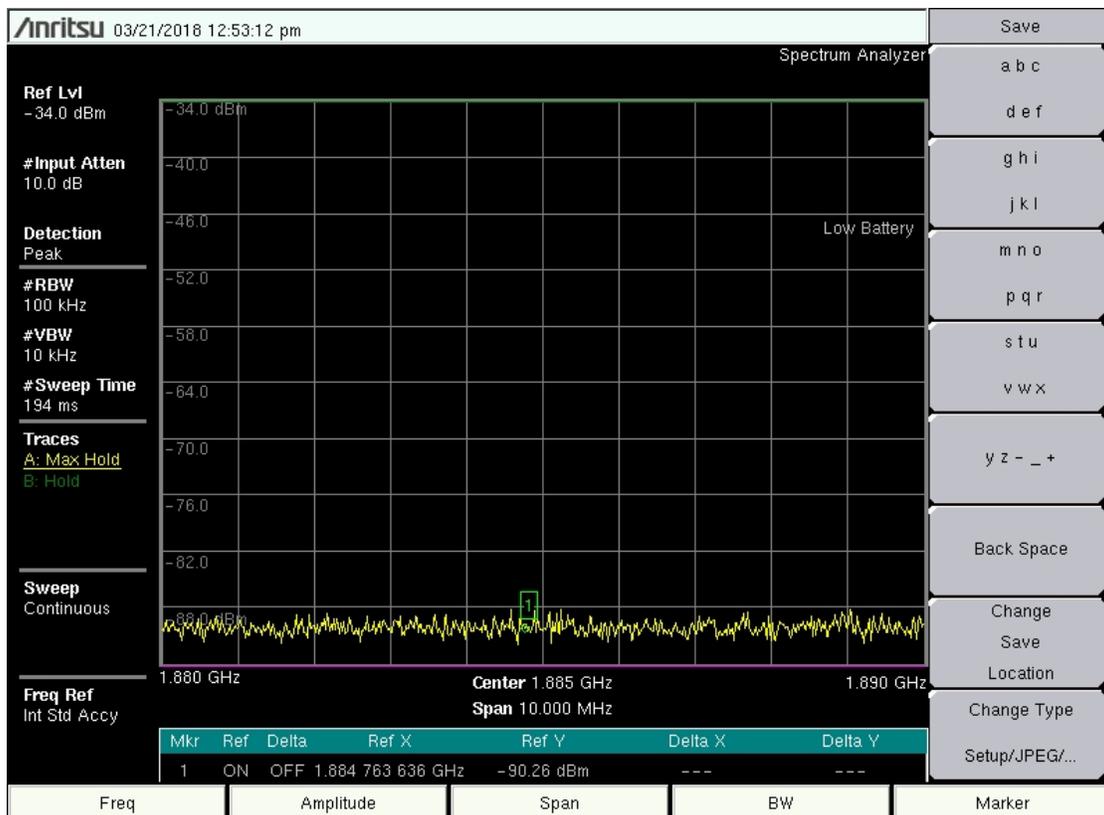


Figura 69-4: Captura espectral realizada a un teléfono DECT estándar Americano

Fuente: Agustín Cortez

Tabla 35-4: Análisis Figura 65-4

| SEÑAL | FRECUENCIA | INTENSIDAD | RANGO DE FRECUENCIAS |
|--|-------------------------------|------------|-----------------------|
| SMA  | Frecuencia Central (1885 GHz) | -90,30 dBm | 1.880 GHz – 1.890 GHz |

Realizado por: Agustín Cortez

En este caso el análisis muestra que solo se pudo evidenciar una señal, por lo tanto se puede concluir que no existe interferencia.

4.2.2 Prueba de la hipótesis

La inquietud de la investigación nació de la necesidad de conocer la respuesta a una interrogante, que en este caso específico es: “Las soluciones planteadas resolverán los inconvenientes de interferencias perjudiciales a las frecuencias del Servicio Móvil Avanzado, provocadas por teléfonos inalámbricos DECT utilizados en telefonía fija, lo que permitirá optimizar el uso del espectro radioeléctrico en las frecuencias autorizadas para el SMA en Ecuador, y se mejorará la calidad de servicio recibida por el usuario final de telefonía móvil”.

4.2.2.1 Variable independiente

Como la variable independiente o variable manipulada es aquella que es el objeto de estudio, se definió la siguiente: “Análisis de las interferencias perjudiciales a las frecuencias del Servicio Móvil Avanzado SMA producida por los teléfonos digitales DECT”.

4.2.2.2 Variable dependiente

Se medirá entonces el efecto o impacto que causa la variable independiente sobre la dependiente y será: “Emisión de señal del Servicio Móvil Avanzado SMA”. El uso adecuado de los teléfonos digitales, permitirá mejorar la calidad de servicio de los usuarios del SMA y también evitar molestias y sanciones a los abonados que incurran en la adquisición de teléfonos sin homologar.

Tabla 36-4: Análisis de la variable dependiente e independiente

| HIPÓTESIS | DEFINICION | INDICADORES | ÍNDICES |
|--|--|---|--|
| <p>Las soluciones planteadas resolverán los inconvenientes de interferencias perjudiciales a las frecuencias del Servicio Móvil Avanzado, provocadas por teléfonos inalámbricos DECT utilizados en telefonía fija, lo que permitirá optimizar el uso del espectro radioeléctrico en las frecuencias autorizadas para el SMA en Ecuador, y se mejorará la calidad de servicio recibida por el usuario final de telefonía móvil.</p> | <p>Independiente: Análisis de las interferencias perjudiciales a las frecuencias del Servicio Móvil Avanzado SMA producida por los teléfonos DECT.</p> <p>Dependiente: Emisión de señal del Servicio Móvil Avanzado SMA.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Intensidad de señal interferente • Distancia entre BTS y teléfono DECT • Calidad del servicio del SMA • Rendimiento del servicio del SMA | <ul style="list-style-type: none"> • Banda de frecuencias teléfonos DECT estándar europeo 1880 a 1920 MHz. • Interfiere en el rango 1895 MHz - 1910 MHz, asignado a CNT EP. • Banda de frecuencias teléfonos DECT estándar americano 1920 a 1930 MHz. • Rango de frecuencia del SMA en la que se produce la interferencia 1885 MHz – 1895 MHz. |

Realizado por: Agustín Cortez

Para demostrar la hipótesis de esta investigación se hizo uso de la hipótesis nula y la hipótesis alternativa, que es el modelo matemático usado mayormente cuando se trabaja con frecuencias observadas en una muestra.

4.2.2.3 *Hipótesis Nula H_0*

La hipótesis nula H_0 se refiere a la afirmación contraria a la que ha llegado el investigador. Es la hipótesis que el investigador pretender rechazar, con los argumentos correspondientes que demuestren su falsedad. (Economipedia, 2017)

En esta investigación, se plantea como hipótesis nula la siguiente: “Las soluciones planteadas no resolverán los inconvenientes de interferencias perjudiciales a las frecuencias del Servicio Móvil Avanzado, provocadas por teléfonos inalámbricos DECT utilizados en telefonía fija, por lo tanto no se podrá optimizar el uso del espectro radioeléctrico en las frecuencias autorizadas para el SMA en Ecuador, y no se mejorará la calidad de servicio recibida por el usuario final de telefonía móvil”.

Para corroborar la validez de esta hipótesis se deberá demostrar lo siguiente:

$$H_0 = X^2_{post} \leq X^2_{pre}$$

Dónde:

X^2_{post} = Valor obtenido en la observación de la investigación

X^2_{pre} = Valor Crítico

4.2.2.4 *Hipótesis Alternativa H_1*

La hipótesis Alternativa o hipótesis de investigación es la conclusión a la que el investigador ha llegado a través de la investigación. (Economipedia, 2017)

Por lo tanto se plantea como hipótesis alternativa, la siguiente: Las soluciones planteadas resolverán los inconvenientes de interferencias perjudiciales a las frecuencias del Servicio Móvil Avanzado, provocadas por teléfonos inalámbricos DECT utilizados en telefonía fija, lo que permitirá optimizar el

uso del espectro radioeléctrico en las frecuencias autorizadas para el SMA en Ecuador, y se mejorará la calidad de servicio recibida por el usuario final de telefonía móvil.

Para corroborar la validez de esta hipótesis se deberá demostrar lo siguiente:

$$H_1 = X^2_{post} > X^2_{pre}$$

4.2.2.5 Contraste de hipótesis

4.2.2.5.1 Hipótesis Nula contra Alternativa

Para determinar la validez de la hipótesis se hizo uso de la *Prueba de Pearson o coeficiente de correlación de Pearson*, que es aquella prueba que permite medir la diferencia entre una distribución observada, es decir la que se obtiene fruto de la investigación y la teórica o distribución crítica.

La prueba permite establecer en qué medida las diferencias existentes entre ambas, de ser el caso de que existan, se deben a la casualidad. También se utiliza para probar la independencia de dos variables entre sí, mediante la presentación de los datos en tablas de contingencia, dichas tablas se usan para analizar la asociación entre dos o más variables determinadas, estos valores analizados deben ser cualitativos.

La fórmula para la obtención del coeficiente de correlación, es la siguiente:

$$X^2 = \sum_i \frac{(Observada_i - Teórica_i)^2}{Teórica_i}$$

Cuanto mayor sea el valor de X^2 menos verosímil es que la hipótesis nula (que asume la igualdad entre ambas distribuciones) sea correcta. De la misma forma, cuanto más se aproxima a cero el valor de chi-cuadrado, más ajustadas están ambas distribuciones.

Dónde:

X^2 = chi-cuadrado, (agrupa en categorías las observaciones de la investigación).

Observada = porcentaje antes de la aplicación de la investigación

Teórica (Crítica) = porcentaje después de la aplicación de la investigación

i = número de opciones, cantidad de frecuencias.

Es necesario determinar los grados de libertad, que depende del número de datos que intervienen en la investigación, en este caso son los indicadores y se establece mediante la siguiente fórmula:

$$g. d. l = (r - 1)(k - 1)$$

Dónde:

r =es el número de filas

k = el número de columnas

El valor obtenido de la formula anterior no puede ser negativo.

4.2.2.6 Cuantificación de los indicadores

Se establece el valor de uno como el universo en cada indicador. Se consideró los tres niveles de ponderación más importantes y en partes iguales (Hyndman & Fan, 1996). Lo cual permite ponderar los indicadores de la siguiente manera:

Tabla 37-4: Nivel de cuantificación de los indicadores

| NIVEL DE CUANTIFICACIÓN | PONDERACIÓN |
|-------------------------|-------------|
| Alto | 0,99 |
| Medio | 0,66 |
| Bajo | 0,33 |

Realizado por: Agustín Cortez

Estos valores se aplicaron a cada uno de los indicadores para la evaluación individual, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 38-4: Tabla de contingencia - Frecuencias del valor observado

| INDICADORES | VALORACIÓN |
|-------------------------------------|------------|
| Intensidad de señal interferente | 0,99 |
| Distancia entre BTS y teléfono DECT | 0,66 |
| Calidad del servicio del SMA | 0,33 |
| Rendimiento del servicio del SMA | 0,66 |

Realizado por: Agustín Cortez

Tabla 39-4: Tabla de contingencia - Frecuencias del valor esperado

| INDICADORES | VALORACIÓN |
|-------------------------------------|------------|
| Intensidad de señal interferente | 0,73 |
| Distancia entre BTS y teléfono DECT | 0,72 |
| Calidad del servicio del SMA | 0,48 |
| Rendimiento del servicio del SMA | 0,72 |

Realizado por: Agustín Cortez

4.2.2.7 Desglose de los datos del estudio para determinar la hipótesis

Una vez determinada la información pertinente, se realizaron los cálculos para determinar la validez de la hipótesis.

$$g. d. l = (r - 1)(k - 1)$$

$$g. d. l = (4 - 1)(2 - 1)$$

$$g. d. l = (3)(1)$$

$$g. d. l = (3)$$

Obteniendo como resultado 3 grados de libertad.

Revisando los valores de la tabla Tabla 17.4 – Distribución de valores críticos de Chi-cuadrado X^2 , y con un nivel de confianza de (0,050). se puede observar que el valor correspondiente al chi-cuadrado con tres (3) grados de libertad, es de 0.352.

Con los valores obtenidos se puede determinar la validez de la Hipótesis Nula H_0 o la Hipótesis Alternativa H_1 .

$$X^2_{post} = 0,554$$

$$X^2_{pre} = 0,352$$

Por lo tanto, se cumple que:

$$H_1 = X^2_{post} > X^2_{pre}$$

$$H_1 = 0,554 > 0,352$$

A la luz de los datos y tras el resultado obtenido a través del contraste de hipótesis, se dispone de argumentos relevantes para poder rechazar la hipótesis nula. En consecuencia, se concluye que:

Se rechaza H_0 y se da como válido H_1 , es decir la hipótesis alternativa o investigada. Las soluciones planteadas resolverán los inconvenientes de interferencias perjudiciales a las frecuencias del Servicio Móvil Avanzado, provocadas por teléfonos inalámbricos DECT utilizados en telefonía fija, lo que permitirá optimizar el uso del espectro radioeléctrico en las frecuencias autorizadas para el SMA en Ecuador, y se mejorará la calidad de servicio recibida por el usuario final de telefonía móvil.

Tabla 40-4: Distribución de valores críticos de Chi-cuadrado χ^2 (g.d.l vs nivel de confianza)

| g.d.l | 0.45 | 0.50 | 0.55 | 0.60 | 0.65 | 0.70 | 0.75 | 0.80 | 0.85 | 0.90 | 0.95 | 0.975 | 0.98 | 0.99 |
|-------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 0.571 | 0.445 | 0.357 | 0.275 | 0.206 | 0.148 | 0.102 | 0.064 | 0.036 | 0.016 | 0.004 | 0.001 | 0.001 | 0.000 |
| 2 | 1.597 | 1.386 | 1.196 | 1.022 | 0.862 | 0.713 | 0.575 | 0.446 | 0.325 | 0.211 | 0.103 | 0.051 | 0.040 | 0.020 |
| 3 | 2.643 | 2.366 | 2.109 | 1.869 | 1.642 | 1.424 | 1.213 | 1.005 | 0.798 | 0.584 | 0.352 | 0.216 | 0.185 | 0.115 |
| 4 | 3.687 | 3.357 | 3.047 | 2.753 | 2.470 | 2.195 | 1.923 | 1.649 | 1.366 | 1.064 | 0.711 | 0.484 | 0.429 | 0.297 |
| 5 | 4.728 | 4.351 | 3.996 | 3.655 | 3.325 | 3.000 | 2.675 | 2.343 | 1.994 | 1.610 | 1.145 | 0.831 | 0.752 | 0.554 |
| 6 | 5.465 | 5.348 | 4.952 | 4.570 | 4.197 | 3.828 | 3.455 | 3.070 | 2.661 | 2.204 | 1.635 | 1.237 | 1.134 | 0.872 |
| 7 | 6.800 | 6.346 | 5.913 | 5.493 | 5.082 | 4.671 | 4.255 | 3.822 | 3.358 | 2.883 | 2.167 | 1.690 | 1.564 | 1.239 |
| 8 | 7.833 | 7.344 | 6.877 | 6.423 | 5.975 | 5.527 | 5.071 | 4.594 | 4.078 | 3.490 | 2.733 | 2.180 | 2.032 | 1.646 |
| 9 | 8.863 | 8.343 | 7.843 | 7.357 | 6.876 | 6.393 | 5.899 | 5.380 | 4.817 | 4.168 | 3.325 | 2.700 | 2.532 | 2.088 |
| 10 | 9.892 | 9.342 | 8.812 | 8.295 | 7.783 | 7.267 | 6.737 | 6.179 | 5.570 | 4.565 | 3.940 | 3.247 | 3.059 | 2.558 |
| 11 | 10.920 | 10.341 | 9.783 | 9.237 | 8.695 | 8.148 | 7.584 | 6.989 | 6.336 | 5.578 | 4.575 | 3.816 | 3.609 | 3.053 |
| 12 | 11.946 | 11.340 | 10.755 | 10.182 | 9.612 | 9.034 | 8.438 | 7.807 | 7.114 | 6.304 | 5.226 | 4.404 | 4.178 | 3.571 |
| 13 | 12.972 | 12.340 | 11.729 | 11.129 | 10.532 | 9.926 | 9.299 | 8.634 | 7.901 | 7.042 | 5.892 | 5.009 | 4.765 | 4.107 |
| 14 | 13.996 | 13.339 | 12.703 | 12.078 | 11.455 | 10.821 | 10.165 | 9.467 | 8.696 | 7.790 | 6.571 | 5.629 | 5.368 | 4.660 |
| 15 | 15.020 | 14.339 | 13.679 | 13.030 | 12.381 | 10.721 | 11.037 | 10.307 | 9.499 | 8.547 | 7.261 | 6.262 | 5.985 | 5.229 |
| 16 | 16.042 | 15.338 | 14.655 | 13.983 | 13.310 | 12.624 | 11.912 | 11.152 | 10.309 | 9.312 | 7.962 | 6.908 | 6.614 | 5.812 |
| 17 | 17.065 | 16.338 | 15.633 | 14.937 | 14.241 | 13.531 | 12.792 | 12.002 | 11.125 | 10.085 | 8.672 | 7.564 | 7.255 | 6.408 |
| 18 | 18.086 | 17.338 | 16.611 | 15.893 | 15.174 | 14.440 | 13.675 | 12.857 | 11.946 | 10.865 | 9.390 | 8.231 | 7.906 | 7.015 |
| 19 | 19.107 | 18.338 | 17.589 | 16.850 | 16.109 | 15.352 | 14.562 | 13.716 | 12.773 | 11.651 | 10.117 | 8.907 | 8.567 | 7.633 |
| 20 | 20.127 | 19.337 | 18.569 | 17.809 | 17.046 | 16.266 | 15.452 | 14.578 | 13.604 | 12.443 | 10.851 | 9.591 | 9.237 | 8.260 |
| 21 | 21.147 | 20.337 | 19.548 | 18.768 | 17.984 | 17.182 | 16.344 | 15.445 | 14.439 | 13.240 | 11.591 | 10.283 | 9.915 | 8.897 |
| 22 | 22.166 | 21.337 | 20.529 | 19.729 | 18.924 | 18.101 | 17.240 | 16.314 | 15.279 | 14.041 | 12.338 | 10.982 | 10.600 | 9.542 |
| 23 | 23.185 | 22.337 | 21.510 | 20.690 | 19.866 | 19.021 | 18.137 | 17.187 | 16.122 | 14.848 | 13.091 | 11.689 | 11.293 | 10.196 |
| 24 | 24.204 | 23.337 | 22.491 | 21.652 | 20.808 | 19.943 | 19.037 | 18.062 | 16.969 | 15.659 | 13.848 | 12.401 | 11.992 | 10.856 |
| 25 | 25.222 | 24.337 | 23.472 | 22.616 | 21.752 | 20.867 | 19.939 | 18.940 | 17.818 | 16.473 | 14.611 | 13.120 | 12.697 | 11.524 |
| 26 | 26.147 | 25.336 | 24.454 | 23.579 | 22.697 | 21.792 | 20.843 | 19.820 | 18.671 | 17.292 | 15.379 | 13.844 | 13.409 | 12.198 |
| 27 | 27.257 | 26.336 | 25.437 | 24.544 | 23.644 | 22.719 | 21.749 | 20.703 | 19.527 | 18.114 | 16.151 | 14.573 | 14.125 | 12.879 |
| 28 | 28.274 | 27.336 | 26.419 | 25.509 | 24.591 | 23.647 | 22.657 | 21.588 | 20.356 | 18.939 | 16.928 | 15.308 | 14.847 | 13.565 |
| 29 | 29.291 | 28.336 | 27.402 | 26.475 | 25.539 | 24.577 | 23.567 | 22.475 | 21.247 | 19.768 | 17.708 | 16.047 | 15.574 | 14.256 |
| 30 | 30.307 | 29.336 | 28.386 | 27.442 | 26.488 | 25.508 | 24.478 | 23.364 | 22.110 | 20.599 | 18.493 | 16.791 | 16.306 | 14.953 |
| 31 | 31.323 | 30.336 | 29.369 | 28.409 | 27.438 | 26.440 | 25.390 | 24.255 | 22.976 | 21.434 | 19.281 | 17.539 | 17.042 | 15.655 |
| 32 | 32.339 | 31.336 | 30.353 | 29.376 | 28.389 | 27.373 | 26.304 | 25.148 | 23.844 | 22.271 | 20.072 | 18.291 | 17.783 | 16.362 |
| 33 | 33.355 | 32.336 | 31.337 | 30.344 | 29.340 | 28.307 | 27.219 | 26.042 | 24.714 | 23.110 | 20.867 | 19.047 | 18.527 | 17.074 |
| 34 | 34.371 | 33.336 | 32.322 | 31.313 | 30.293 | 29.242 | 28.136 | 26.938 | 25.586 | 23.952 | 21.664 | 19.806 | 19.275 | 17.789 |
| 35 | 35.386 | 34.336 | 33.306 | 32.282 | 31.246 | 30.178 | 29.054 | 27.836 | 26.460 | 24.797 | 22.465 | 20.569 | 20.027 | 18.509 |
| 40 | 40.459 | 39.335 | 38.233 | 37.134 | 36.021 | 34.872 | 33.660 | 32.345 | 30.856 | 29.051 | 26.509 | 24.433 | 23.838 | 22.164 |
| 60 | 60.713 | 59.335 | 57.978 | 56.620 | 55.239 | 53.809 | 52.294 | 50.641 | 48.759 | 46.459 | 43.188 | 40.482 | 39.699 | 37.485 |
| 80 | 80.927 | 79.334 | 77.763 | 76.188 | 74.583 | 72.915 | 71.145 | 69.207 | 66.994 | 64.278 | 60.391 | 57.153 | 56.213 | 53.540 |
| 90 | 91.032 | 89.334 | 87.666 | 85.993 | 84.285 | 82.511 | 80.625 | 78.558 | 76.195 | 73.291 | 69.126 | 65.647 | 64.635 | 61.754 |
| 100 | 101.115 | 99.334 | 97.574 | 95.808 | 94.005 | 92.129 | 90.133 | 87.945 | 85.441 | 82.358 | 77.929 | 74.222 | 73.142 | 70.065 |

Fuente: <http://www.mat.uda.cl/hsalinas/cursos/2010/eyp2/Tabla%20Chi-Cuadrado.pdf>

Realizado por: Agustín Cortez

CAPÍTULO V

5. PROPUESTA

Las soluciones que se presentan en esta investigación servirán para determinar, disminuir y solucionar las interferencias que afectan a las operadoras del servicio móvil avanzado, con el fin de mejorar la calidad de servicio recibida por el usuario final en cualquier sector del país.

5.1 Descripción de las soluciones

Las soluciones se pueden evaluar en los diferentes niveles que intervienen en las telecomunicaciones en el Ecuador; que van desde el operador hasta el usuario final y se describen a continuación:

A. Operador de SMA (Interferido)

Podrían ser CONECEL (CLARO), OTECEL (MOVISTAR) o CNT EP (CNT MÓVIL)

1. Brevidad de detección de la interferencia captada por el NOC de la operadora del servicio móvil avanzado, con la finalidad de dar una solución oportuna.
2. Sistema automático con antenas inteligentes que detecten con un bajo rango de error la fuente de emisión, obteniendo la radiobase afectada, el sector interferido (ángulo de azimut aproximado), la intensidad de campo o potencia en la señal recibida, frecuencia de la señal interferente, ancho de banda de operación y patrón de tiempo en la que se presenta, esto permitirá tener la información adecuada para investigar la procedencia y ubicación de la fuente de la interferencia en un tiempo óptimo.

B. Operador de Telefonía Fija (Interferente)

Proveedor del servicio de telefonía fija: CNT- EP, SETEL S.A (Grupo Tvcable), ETAPA EP, LINKOTEL S.A., etc.

1. Difundir a sus usuarios el uso de terminales que operen en bandas que no afecten a otros servicios, se pueden realizar diferentes campañas informativas para dar a conocer a la

ciudadanía, en general, el uso adecuado de equipos homologados, para este fin se pueden hacer uso de los diferentes puntos de contacto con los abonados: Centros de Atención al Usuario, redes sociales, radio, TV, correo electrónico, contacto telefónico, mensajes de texto, etc.

2. Advertir a los abonados que el uso de equipos no autorizados, implicaría la terminación de la provisión del servicio de telefonía fija porque se está incurriendo en una falta.
3. Realizar controles regulares de los equipos terminales conectados a su red de telecomunicaciones.

C. Abonado de las Redes de telecomunicaciones, que provocan la interferencia.

1. No utilizar equipos terminales que operen frecuencias no autorizadas.
2. Apagar inmediatamente el equipo terminal de telefonía fija que se detecte que ocasiona señales interferentes u opere en frecuencias no autorizadas, en razón de que la operación de frecuencias sin un título habilitante constituye una infracción de segunda clase y la sanción.
3. Adquirir equipos de telecomunicaciones certificados y homologados en proveedores autorizados y con la factura respectiva para evitar el contrabando y la inserción de equipos ilegalmente importados.

D. Estado

1. A través del COMEX (*Ministerio de Comercio Exterior*) y Aduanas, se deben restringir las importaciones de equipos que operen en frecuencias no autorizadas en Ecuador, en este caso específico, los terminales inalámbricos de telefonía fija con tecnología DECT de estándar *europeo*.
2. ARCOTEL debe crear una resolución que especifique los equipos que operan en frecuencias no autorizadas.
3. ARCOTEL debe ampliar la Resolución 03-03-ARCOTEL-2017, especificando la homologación de equipos terminales inalámbricos del STF (*Servicio de Telefonía Fija*), de modo que el Estado pueda controlar y exigir a las operadoras de STF la inclusión de equipos homologados únicamente.
4. El estado a través de la ARCOTEL debe emitir la reglamentación necesaria para hacer cumplir el Artículo 86 de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, respecto a los equipos inalámbricos terminales de telefonía fija, que indica: “**Obligatoriedad.** *Los equipos terminales de telecomunicaciones que utilicen espectro radioeléctrico y se conecten a*

redes públicas de telecomunicaciones deberán contar con la homologación y certificación, realizadas de conformidad con las normas aplicables, a fin de prevenir daños a las redes, evitar la afectación de los servicios de telecomunicaciones, evitar la generación de interferencias perjudiciales y, garantizar los derechos de los usuarios y prestadores.”

La homologación según se define en el Artículo 6 de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, publicada en el Tercer Suplemento del Registro Oficial No. 439 de 18 de febrero de 2015: *“es el proceso por el que un equipo terminal de telecomunicaciones de una clase, marca y modelo es sometido a verificación técnica para determinar si es adecuado para operar en una red de telecomunicaciones específica”*; así mismo, equipo terminal de acuerdo con el REGLAMENTO PARA HOMOLOGACIÓN Y CERTIFICACIÓN DE EQUIPOS TERMINALES DE TELECOMUNICACIONES" expedido mediante Registro Oficial N° 15 del 15 de junio de 2017 es el: *“dispositivo que permite el acceso a una red pública de telecomunicaciones, para el uso de uno o varios servicios de telecomunicaciones”*. Además, es un requisito previo a la venta y lo realizan por lo general, los comercializadores e importadores de equipos terminales de telecomunicaciones una sola vez, por clase, marca y modelo técnico. (ARCOTEL, 2017)

Citando el artículo 87 de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, en la parte pertinente que corresponde al presente estudio, expresamente señala que se encuentra prohibido: *"1. El uso y comercialización de equipos terminales que utilicen espectro radioeléctrico, que puedan impedir o interrumpir la prestación de los servicios, degradar su calidad, causar daños a usuarios o redes, generar **interferencias perjudiciales** o que de cualquier forma afecten la prestación de los servicios o los derechos de los usuarios. 2. La comercialización de equipos terminales que utilicen espectro radioeléctrico y **no hayan sido homologados** y certificados. 3. La comercialización de equipos terminales que utilicen espectro radioeléctrico y sean **incompatibles** con el Plan Nacional de Frecuencias 5. La **utilización en las redes públicas** de telecomunicaciones, de equipos terminales que utilicen espectro radioeléctrico, que no hayan sido previamente homologados y certificados.”*

Al homologar equipos terminales se previenen daños a las redes de telecomunicaciones; se evitan afectaciones a los servicios de telecomunicaciones o su deterioro; se impiden interferencias en el espectro radioeléctrico; y, se garantiza los derechos de los usuarios, contribuyendo con calidad en la prestación de los servicios de telecomunicaciones. (ARCOTEL, 2017).

1. Controlar la comercialización de equipos legalmente permitidos, a través de verificaciones continuas en locales de venta y ventas por internet o importación individual al ingreso al país.
2. Establecer normas claras que obliguen a los operadores del servicio de telefonía fija a cuidar los tipos de terminales que se conectan a su red. No permitir que terceros manipulen la red o inserten equipos que puedan causar interferencias perjudiciales.
3. Sancionar con el corte del servicio a los usuarios que no acaten la disposición de desconectar los equipos causantes de la interferencia.

CONCLUSIONES

- Los teléfonos digitales DECT con estándar europeo producen interferencias sobre el SMA en Ecuador por utilizar el rango de frecuencias que va de 1880 MHz a 1920 MHz, que coincide con el utilizado por el SMA de la operadora CONECEL en el rango 1885 MHz – 1895 MHz, también interfiere en el rango 1895 MHz - 1910 MHz, asignado a CNT EP.
- Los teléfonos digitales DECT con estándar americano no producen interferencias sobre el SMA en Ecuador, dado que estos operan en la banda de frecuencias que va desde 1920 MHz a 1930 MHz.
- Es necesario socializar de una forma adecuada y agresiva el uso de equipos o dispositivos que se encuentran homologados en el Ecuador, para evitar interferencias a fin de no causar molestias a los abonados.
- Con este tipo de investigaciones los organismos reguladores de las telecomunicaciones pueden tomar decisiones para normar y regular el uso del espectro radioeléctrico, el adecuado uso de equipos terminales, a fin de mejorar la calidad de servicio del usuario final, buscando siempre la excelencia en el mismo.
- Se evidenció que las interferencias se deben también a otros factores como intermodulación, multi trayecto, ruido, armónicos u otros dispositivos que pueden ser analizados o pueden ser fruto de otras investigaciones.
- Las interferencias pueden contrarrestarse de varias formas: eliminándolas definitivamente, en el caso de los teléfonos DECT, y/o apagando el dispositivo que provoca la interferencia.
- Otra forma de solucionar el problema de las interferencias es eliminarla parcialmente cuando no es posible suprimir la fuente interferente, como en el caso de armónicos o intermodulaciones que se pueden atenuar al máximo posible mediante la implementación de filtros.

RECOMENDACIONES

- En el caso de requerir teléfonos digitales DECT se sugiera que utilicen los que tenga estándar americano para que no produzcan interferencias sobre el SMA en Ecuador.
- Analizar la cobertura de las operadoras celulares con la finalidad de proporcionar una buena cobertura y mejorar la calidad de servicio.
- Analizar el problema que producen las señales no deseadas en las transmisiones de televisión para aplicar en una nueva investigación.
- Realizar una investigación sobre las señales no deseadas que pueden producir interferencias partiendo de la investigación actual.
- Hacer un análisis del espectro radioeléctrico y ver si se necesita ampliar el espacio para las bandas celulares.
- Las operadoras deben cuidar de mejor manera el espectro radioeléctrico asignado, para cumplir este propósito se debe considerar la implementación de sistemas robustos y autónomos en lo referente a su infraestructura, para minimizar el impacto de las interferencias. De manera que se pueda dar servicio pese a que coexistan otras señales, como es el caso de las redes wifi (espectro ensanchado) donde pueden convivir varios sistemas en las mismas bandas del espectro radioeléctrico, también se recalca lo mencionado en la presente investigación respecto a la utilización de antenas inteligentes o a través de radio cognitiva, (cuando se detecta otra señal se traslada a una frecuencia libre), este tipo de indagaciones quedan como sugerencias para nuevas investigaciones.

BIBLIOGRAFÍA

ARA Inc. (2015). *ARA Antenna Research*. Recuperado de <https://ara-inc.com/product/drg-118/>.

ARCOTEL. (2017). *Se actualizó reglamento para homologar y certificar equipos terminales de telecomunicaciones*. Recuperado de <http://www.arcotel.gob.ec/se-actualizo-reglamento-para-homologar-y-certificar-equipos-terminales-de-telecomunicaciones/>.

Balcells, J. (2008). *Interferencias electromagnéticas en sistemas electrónicos*. Barcelona, España: Marcombo Ediciones Técnicas.

Bateman, A. (2005). *Comunicaciones digitales*. Barcelona, España: Marcombo Ediciones Técnicas.

Cisco Network. (2017). *Cisco Mobile Visual Networking Index (VNI) pronostica aumento de 7 veces en el tráfico mundial de datos móviles entre 2016 y 2021*. Recuperado de <https://americas.thecisconetwork.com/site/content/lang/es/id/7036>.

Couch, L. (2008). *Sistemas de comunicación digitales y análogos*. 7ma edición. México: Pearson Educación.

DECT Forum. (2018). *DECT Technology*. Recuperado de <https://www.dect.org/dect-technology>.

Emercomms. (2009). *BTS móviles en redes de telefonía celular*. Recuperado de <http://emercomms.ipellejero.es/2009/08/06/bts-moviles-en-redes-de-telefonía-celular/>.

Economipedia. (2017). *Hipótesis Nula*. Recuperado de <http://economipedia.com/definiciones/hipotesis-nula.html>.

Hyndman, R. y Fan, Y. (1996). *Sample quantiles in statistical package*. American statistical association, 361-365.

Juskauskas, M., Krivochiza, J., Aleksandravicius, J., Svirskas, H., Dzindzeleta, B., Aleksiejunas, R. y Zilinskas, M. (2013). *Experimental Investigation of Radar Interference into LTE System at 1800 MHz Frequency Band*, presentado en: 21st Telecommunications forum TELFOR 2013. Recuperado de: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6716163>

NFON AG. (2018). *Digital Enhanced Cordless Telecommunications (DECT)*. Recuperado de <https://www.nfon.com/es/acerca-de-nfon/recursos/glosario/dect/>

Orcajo, G., García Melero, M. y Fernández Cabanas, M. (1998). *Técnicas para el mantenimiento y diagnóstico de máquinas eléctricas rotativas*. Barcelona, España: Marcombo Ediciones Técnicas.

Pérez Vega, C. (2007). *Sistemas de telecomunicaciones*. Cantabria, España: Universidad de Cantabria.

Ramón Ramirez, L. (2015). *Sistemas de radiocomunicaciones*. Madrid, , España: Paraninfo.

UIT. (2011). *Manual de comprobación técnica del espectro*. Recuperado de: www.itu.int/publications

Tomasi, W. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. México: Pearson Educación.

ANEXOS

Anexo A. Manual general de operación

Como uno de los aportes de esta investigación, se plantean el siguiente manual de operación para detectar, una interferencia independientemente de cuál sea su origen.

- 1) Detección de la interferencia por parte de la operadora del SMA, de no poseer este reporte se puede determinar cualquier sector del cual se sospecha.
- 2) Determinar la radio base y el sector aproximado de la interferencia.
- 3) Realizar las respectivas mediciones empleando el analizador de espectro y una antena Horn, haciendo uso de la radiogoniometría.
- 4) Cubrir cada uno de los tres sectores de la antena de la radiobase del SMA, cada uno de ellos abarca 120° o cada 90° dependiendo de la radiobase, esto se puede determinar haciendo una inspección visual de la antena.
- 5) Determinar el azimut probable de las señales diferentes a las emitidas por los equipos de la radiobase.
- 6) Analizar los datos obtenidos de las correspondientes mediciones.
- 7) Búsqueda de la fuente, (señal interferente), puede deberse a diferentes factores: teléfonos DECT, intermodulación, multi trayecto (multipath), ruido, armónicos u otros dispositivos.
- 8) Notificar al operador al que está conectado el equipo terminal de telefonía fija, para proceder a apagar el mismo, de ser el caso.