



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

**Análisis de viabilidad técnica para la implementación de una estación
de radiodifusión sonora comunitaria FM para la parroquia “El Laurel”
en el cantón Daule provincia del Guayas**

AUTOR:

Almeida Reliche, Terry César

Trabajo de Titulación previo a la obtención del Título de
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

TUTOR:

Ruilova Aguirre, María Luzmila

Guayaquil, Ecuador

13 de Septiembre del 2016



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. **Terry César Almeida Reliche** como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES.**

TUTOR

Ruilova Aguirre, María Luzmila

DIRECTOR DE CARRERA

Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, a los 13 del mes de Septiembre del año 2016



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Almeida Reliche, Terry César**

DECLARO QUE:

El trabajo de titulación “**Análisis de viabilidad técnica para la implementación de una estación de radiodifusión sonora comunitaria FM para la parroquia El Laurel en el cantón Daule provincia del Guayas**” previo a la obtención del Título de **Ingeniero en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 13 del mes de Septiembre del año 2016

EL AUTOR

Almeida Reliche, Terry César



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

AUTORIZACIÓN

Yo, **Almeida Reliche, Terry César**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **“Análisis de viabilidad técnica para la implementación de una estación de radiodifusión sonora comunitaria FM para la parroquia El Laurel en el cantón Daule provincia del Guayas”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

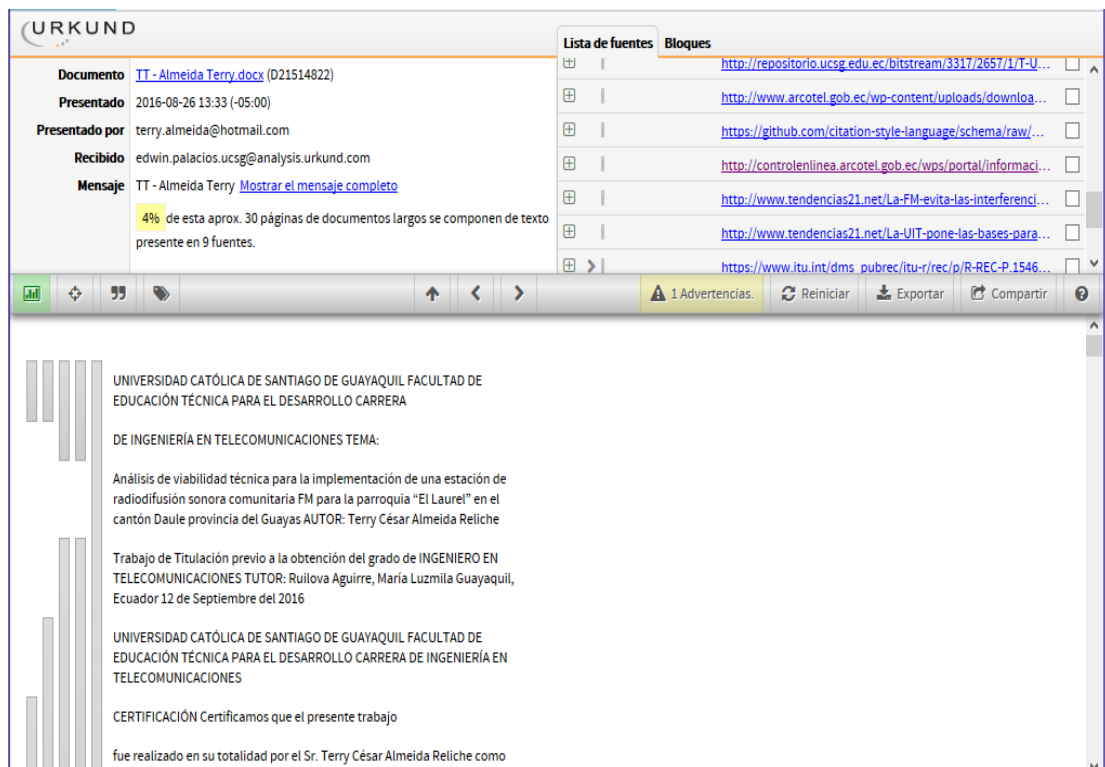
Guayaquil, a los 13 del mes de Septiembre del año 2016

EL AUTOR

Almeida Reliche, Terry César

REPORTE DE URKUND

Informe del Trabajo de Titulación de la Carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones, con **4%** de coincidencias perteneciente al estudiante, **TERRY CÉSAR ALMEIDA RELICHE**.



The screenshot displays the URKUND interface. On the left, a sidebar shows document metadata: 'Documento: TT - Almeida Terry.docx (D21514822)', 'Presentado: 2016-08-26 13:33 (-05:00)', 'Presentado por: terry.almeida@hotmail.com', 'Recibido: edwin.palacios.ucsg@analysis.urkund.com', and 'Mensaje: TT - Almeida Terry'. A yellow highlight indicates '4% de esta aprox. 30 páginas de documentos largos se componen de texto presente en 9 fuentes.' The main area on the right is titled 'Lista de fuentes' and contains a table of sources with checkboxes. The sources listed are: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/2657/1/T-U...>, <http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloa...>, <https://github.com/citation-style-language/schema/raw/...>, <http://controlenlinea.arcotel.gob.ec/wps/portal/informaci...>, <http://www.tendencias21.net/La-FM-evita-las-interferenci...>, <http://www.tendencias21.net/La-UJT-pone-las-bases-para...>, and https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.1546.... Below the list is a toolbar with icons for search, zoom, and navigation, along with a '1 Advertencias.' warning icon and buttons for 'Reiniciar', 'Exportar', and 'Compartir'. The main content area shows a document preview with the following text: 'UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES TEMA: Análisis de viabilidad técnica para la implementación de una estación de radiodifusión sonora comunitaria FM para la parroquia "El Laurel" en el cantón Daule provincia del Guayas AUTOR: Terry César Almeida Reliche Trabajo de Titulación previo a la obtención del grado de INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES TUTOR: Ruilova Aguirre, María Luzmila Guayaquil, Ecuador 12 de Septiembre del 2016 UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES CERTIFICACIÓN Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. Terry César Almeida Reliche como

Atte.

M. Sc. Luzmila Ruilova Aguirre
Docente Ocasional – Tutor.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a las familias Almeida Reliche y Almeida Rosero ya que convivo con ellos día a día y me brindan siempre su apoyo incondicional en todo momento.

A Eddie, Erick, Michael, Jhon, Steffany, que es ese grupo de compañeros con quienes compartí desde el inicio de la carrera; siempre motivados por ese sueño y ese propósito de ser ingenieros.

EL AUTOR

Almeida Reliche, Terry César

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por el regalo de la vida, ya que gracias a ese detalle me ha permitido llegar hasta este momento.

A mi familia que me ha brindado su apoyo siempre, desde el inicio de mi carrera profesional y me han sabido guiar y dar un oportuno consejo cuando lo he necesitado.

A la Ing. Luzmila Ruilova, por su colaboración, sus ideas y las guías que me supo dar para lograr hacer este trabajo de titulación.

EL AUTOR

Almeida Reliche, Terry César



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

RUILOVA AGUIRRE, MARÍA LUZMILA
TUTOR

HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO
DIRECTOR DE CARRERA

ZAMORA CEDEÑO, NÉSTOR ARMANDO
COORDINADOR DEL ÁREA

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|-----|
| Índice de Figuras _____ | XII |
| Índice de Tablas _____ | XIV |
| CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN _____ | 16 |
| 1.1. Introducción _____ | 16 |
| 1.2. Antecedentes _____ | 17 |
| 1.3. Definición del Problema _____ | 18 |
| 1.4. Justificación del Problema _____ | 19 |
| 1.5. Objetivos del Problema de Investigación _____ | 19 |
| 1.5.1. Objetivo General _____ | 19 |
| 1.5.2. Objetivos Específicos _____ | 19 |
| 1.6. Metodología de Investigación _____ | 20 |
| CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO _____ | 21 |
| 2.1. Información del lugar de investigación del proyecto _____ | 21 |
| 2.1.1. Reseña histórica _____ | 21 |
| 2.1.2. Características generales _____ | 22 |
| 2.2. Radiodifusión _____ | 22 |
| 2.2.1. Historia de la Radio _____ | 22 |
| 2.2.2. Tipos de Radio _____ | 24 |
| 2.2.2.1. Radios comerciales privadas _____ | 24 |
| 2.2.2.2. Radios públicas _____ | 24 |
| 2.2.2.3. Radios comunitarias _____ | 25 |
| 2.2.3. Clasificación de las estaciones de radio _____ | 25 |
| 2.3. Radiocomunicación _____ | 26 |
| 2.4. Señales _____ | 27 |
| 2.4.1. Dominio del tiempo _____ | 28 |
| 2.4.2. Dominio de la frecuencia _____ | 28 |
| 2.4.3. Señales no deseadas _____ | 28 |
| 2.4.4. Banda base _____ | 30 |
| 2.5. Bandas de frecuencia _____ | 31 |
| 2.5.1. Atribución, adjudicación y asignación de bandas de frecuencias _____ | 32 |
| 2.5.2. Nomenclatura _____ | 33 |
| 2.5.3. Canalización de la banda de FM _____ | 35 |
| 2.6. Clasificación de emisión _____ | 36 |
| 2.7. Modos de transmisión _____ | 37 |
| 2.8. Parámetros de emisión _____ | 39 |
| 2.8.1. Clase de emisión _____ | 39 |
| 2.8.2. Modulación en amplitud modulada AM _____ | 39 |
| 2.8.3. Modulación en Frecuencia Modulada FM _____ | 40 |
| 2.8.4. AM vs FM _____ | 41 |
| 2.8.5. Ancho de banda _____ | 43 |
| 2.8.6. Tolerancia de frecuencia de una emisión _____ | 43 |
| 2.8.7. Polarización de las ondas _____ | 43 |

| | | |
|--------------------|--|-----------|
| 2.9. | Propagación de las señales de radiofrecuencia | 45 |
| 2.9.1. | Fenómenos físicos | 46 |
| 2.9.1.1. | Reflexión | 46 |
| 2.9.1.2. | Absorción | 47 |
| 2.9.1.3. | Difracción | 47 |
| 2.9.2. | Línea de vista | 48 |
| 2.9.3. | Zona de Fresnel | 48 |
| 2.9.4. | Potencia efectiva radiada (PER) | 49 |
| 2.9.5. | Intensidad de campo eléctrico | 51 |
| 2.9.6. | Relación de Onda Estacionaria (ROE) | 52 |
| 2.10. | Modelo de propagación | 53 |
| 2.10.1. | Modelos analíticos | 54 |
| 2.10.2. | Modelos empíricos | 54 |
| 2.10.2.1. | Modelo de Friis | 54 |
| 2.10.2.2. | Modelo de dos rayos | 55 |
| 2.11. | Elementos de una estación de radiodifusión sonora | 55 |
| 2.11.1. | Transmisor | 56 |
| 2.11.2. | Líneas de transmisión | 56 |
| 2.12. | Sistema radiante | 56 |
| 2.12.1. | Antena | 56 |
| 2.12.1.1. | Antenas Yagi | 57 |
| 2.12.1.2. | Antenas de panel plano | 58 |
| 2.12.1.3. | Antenas Dipolo | 59 |
| 2.12.2. | Configuración del sistema radiante | 61 |
| 2.12.3. | Equipos y dispositivos del control máster y estudios de producción | 62 |
| 2.13. | Recomendaciones ITU-R para radiodifusión | 62 |
| 2.13.1. | Recomendación ITU-R P. 1546 | 63 |
| 2.13.2. | Recomendación ITU-R P.1812 | 64 |
| 2.14. | Funcionamiento de una estación de radiodifusión sonora | 64 |
| 2.15. | Principales averías del servicio de radiodifusión sonora analógica en FM | 66 |
| CAPÍTULO 3: | EVALUACIÓN TÉCNICA | 67 |
| 3.1. | Requisitos técnicos para adjudicación de frecuencia | 67 |
| 3.2. | Estudio de la ubicación | 69 |
| 3.3. | Análisis para determinar el equipamiento a ser instalado | 70 |
| 3.3.1. | Equipos del estudio | 70 |
| 3.3.2. | Equipos de enlace | 74 |
| 3.3.3. | Equipo de Transmisión | 77 |
| 3.4. | Diagrama de conexión de los equipos del estudio | 80 |
| 3.5. | Diseño del estudio matriz | 82 |
| 3.6. | Costos de implementación del proyecto | 83 |
| 3.6.1. | Costos de los equipos del estudio matriz | 83 |
| 3.6.2. | Costos de equipos del enlace | 84 |

| | |
|--|----|
| 3.6.3. Costos del sistema de transmisión _____ | 85 |
| 3.6.4. Costos de tarifa mensual del espectro y derechos de otorgamiento de frecuencia _____ | 86 |
| 3.7. Simulaciones y valores de parámetros _____ | 87 |
| CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES _____ | 95 |
| 4.1. Conclusiones _____ | 95 |
| 4.2. Recomendaciones _____ | 96 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____ | 98 |

Índice de Figuras

Capítulo 2

| | |
|---|----|
| Figura 2. 1: Esquema de un sistema de radiocomunicación | 27 |
| Figura 2. 2: Modos de transmisión | 38 |
| Figura 2. 3: Representación de la modulación AM..... | 40 |
| Figura 2. 4: Representación de la modulación FM | 41 |
| Figura 2. 5: Tipos de polarización | 45 |
| Figura 2. 6: Reflexión de las ondas de radio | 47 |
| Figura 2. 7: Difracción en zona montañosa..... | 48 |
| Figura 2. 8: Representación de la zona de Fresnel..... | 49 |
| Figura 2. 9: Antena Yagi | 57 |
| Figura 2. 10: Lóbulo de propagación de una antena Yagi | 58 |
| Figura 2. 11: Array de antenas de panel plano | 59 |
| Figura 2. 12: Array de antenas dipolo en V | 60 |
| Figura 2. 13: Array de antenas dipolo alta potencia | 61 |
| Figura 2. 14: Sistema radiante (Array de antenas)..... | 62 |
| Figura 2. 15: Esquema de un enlace auxiliar físico entre las estaciones de una radio | 65 |
| Figura 2. 16: Esquema de un enlace auxiliar radioeléctrico entre las estaciones de una radio..... | 66 |

Capítulo 3

| | |
|---|----|
| Figura 3. 1: Edificio del Infocentro de El Laurel..... | 69 |
| Figura 3. 2: Consola Solidyne Pro D612 | 70 |
| Figura 3. 3: Vista posterior de la consola de mezclas Solidyne Pro D612 | 70 |
| Figura 3. 4: Puertos de entrada de los micrófonos..... | 71 |
| Figura 3. 5: Ecualizadores de los 4 canales para micrófono | 71 |
| Figura 3. 6: Puertos de entrada de los canales 3 y 4 de la consola | 72 |
| Figura 3. 7: Puertos de conexión de los canales 5 y 6 de la consola | 73 |
| Figura 3. 8: Salidas de monitoreo | 73 |
| Figura 3.9: Transmisor de enlace PTRL-NV | 75 |
| Figura 3.10: Receptor de enlace RXRL-NV | 76 |
| Figura 3. 11: Transmisor M&J MA-FM 100 | 78 |
| Figura 3. 12: Vista posterior Transmisor M&J MA-FM 100..... | 78 |
| Figura 3. 13: Antena Yagi 3 elementos CTE ADR3..... | 79 |
| Figura 3. 14: Línea de transmisión HANSEN RF 50 ½” | 79 |
| Figura 3. 15: Esquema de conexión de la radio | 80 |
| Figura 3. 16: Plano del Estudio matriz realizado en Autocad. | 82 |
| Figura 3. 17: Torre donde se ubicarán las antenas para recepción del enlace y la transmisión..... | 87 |

| | |
|---|----|
| Figura 3. 18. Simulación radioenlace Estación matriz – Torre Estación Junta Parroquial | 88 |
| Figura 3. 19. Simulación radioenlace a través del software Radio Mobile | 90 |
| Figura 3. 20. Simulación radioenlace a través del software Radio Mobile – Detalles de los parámetros de valores del enlace | 90 |
| Figura 3. 21. Simulación lóbulo de radiación del arreglo de antenas de transmisión y valores de intensidad de campo eléctrico | 93 |

Índice de Tablas

Capítulo 2

| | |
|--|----|
| Tabla 2. 1: Clasificación de las estaciones de radiodifusión..... | 25 |
| Tabla 2. 2: Clasificación de las bandas de frecuencias | 34 |
| Tabla 2. 3: Prefijos de frecuencia..... | 34 |
| Tabla 2. 4: Canalización de la Banda FM – Norma técnica para radiodifusión sonora en FM analógica | 35 |
| Tabla 2. 5: Símbolos de clasificación de emisiones | 36 |
| Tabla 2. 6: Comparativa de AM vs FM..... | 41 |
| Tabla 2. 7: Pérdidas máximas según los tipos de servicios | 50 |
| Tabla 2. 8: Valores de intensidad de campo eléctrico | 51 |
| Tabla 2. 9: Intensidad de campo eléctrico en estaciones de baja potencia y de servicio comunitario – Información técnica de radiodifusión..... | 51 |
| Tabla 2. 10: Porcentajes de radiación y pérdidas según los valores de ROE | 52 |

Capítulo 3

| | |
|--|----|
| Tabla 3. 1: Componentes que se califican a los aspirantes a una concesión de frecuencias | 67 |
| Tabla 3. 2: Criterios de evaluación de información técnica | 68 |
| Tabla 3. 3: Coordenadas de la estación matriz | 69 |
| Tabla 3. 4: Equipos del estudio..... | 74 |
| Tabla 3. 5: Características técnicas del equipo de transmisión de enlace.... | 75 |
| Tabla 3. 6: Características técnicas del equipo de recepción del enlace..... | 76 |
| Tabla 3. 7: Tipos de conectores..... | 81 |
| Tabla 3. 8: Tabla de precios de los equipos de la Estación matriz..... | 83 |
| Tabla 3. 9: Costos del sistema del enlace auxiliar | 84 |
| Tabla 3. 10: Costos del sistema de transmisión..... | 85 |
| Tabla 3. 11: Costos del proyecto | 86 |
| Tabla 3. 12: Coordenadas del enlace auxiliar | 88 |
| Tabla 3. 13: Tabla Datos geográficos del enlace | 88 |
| Tabla 3. 14: Parámetros del sistema de radioenlace | 91 |
| Tabla 3. 15: Parámetros del sistema de radioenlace | 94 |

Resumen

Este trabajo de titulación tiene como finalidad el realizar un estudio de las viabilidades técnicas para el despliegue de una estación de radiodifusión sonora que sirva a la Parroquia El Laurel.

En el capítulo 1 se analizarán las principales causas que afectan a la zona y se justificará cómo este proyecto ayudaría a reducir ese impacto negativo, se establecerán los objetivos y una metodología para poder alcanzarlos.

En el capítulo 2 se abordarán temas tales como normativas internacionales y nacionales para radiodifusión sonora FM, comportamiento de las señales y fenómenos que las afectan, clasificación de frecuencias, elementos que intervienen en un enlace de radiocomunicaciones, cálculos de parámetros y se desarrollarán conceptos de principal importancia competentes a la radiodifusión.

En el capítulo 3 se desarrollará principalmente el diseño del enlace auxiliar y el cálculo de la propagación del sistema radiante para la cobertura de la zona. Se detallarán los equipos con sus principales características técnicas y cómo estarán ubicados en el diseño de la radio.

Se mostrarán simulaciones que muestran los diferentes parámetros técnicos por medio del software Radio Mobile.

En el capítulo 4 se conforme a lo desarrollado se establecerán las principales conclusiones y recomendaciones.

PALABRAS CLAVES: RADIODIFUSIÓN SONORA, MODULACIÓN, FRECUENCIA MODULADA, RADIOCOMUNICACIONES, RADIO MOBILE, PROPAGACIÓN.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción

Según la Agencia de Regulación y Control de las telecomunicaciones ARCOTEL un sistema de radiodifusión sonora FM es un conjunto que comprende una estación matriz y sus repetidoras, las cuales emiten la misma programación de manera simultánea permanentemente.

La invención de la radio como tal se le atribuye a Gugliermo Marconi quién fue un ingeniero eléctrico e inventor de origen italiano. Marconi en el año 1894 pudo realizar la primera transmisión de señales radio a través de la atmósfera terrestre es decir sin utilizar algún medio guiado como cables o hilos de cobre.

La radiodifusión sonora comercial en amplitud modulada (AM) inició en el año 1920. En 1933 se inventó la modulación de frecuencia por parte del mayor Edwin Howard Armstrong y tres años después en 1936 comenzó la transmisión de radio comercial en FM. (Tomasi, Mata Hernández, & González Pozo, 2003)

Para los sistemas de radio es importante modular la información del origen, se tendrá una señal analógica llamada portadora la cual cuenta con mayor frecuencia y es donde se monta la información y la envía a lo largo del sistema. La otra señal es la de información y es quien modula a la señal portadora variando sus parámetros de amplitud frecuencia y fase. Este proceso es conocido como modulación y consiste en cambiar las propiedades de la señal de portadora, dependiendo a las proporciones de la señal de información.

En la realización de este trabajo de titulación se estudiarán y analizarán los diferentes parámetros y viabilidades técnicas que

comprenden en la implementación de una estación de radiodifusión sonora.

1.2. Antecedentes

Una de las necesidades que ha tenido el ser humano desde siempre es la de enviar un mensaje o cualquier tipo de información cubriendo grandes distancias, como por ejemplo los chasquis que corrían grandes distancias a pie para enviar un mensaje o las también conocidas señales de humo, así como también la telegrafía y la telegrafía inalámbrica la cual permitió en ese entonces dar un paso hacia la radiodifusión.

En la actualidad los grandes avances en las telecomunicaciones hacen posible que podamos enviar y recibir información a través del espectro radioeléctrico, que según el ARCOTEL es un conjunto de ondas electromagnéticas o también llamadas ondas hertzianas, las cuales se propagan por del espacio y permiten ofrecer una gran diversidad de servicios de telecomunicaciones tales como telefonía, televisión, radio, datos, etc.

Es el Estado Ecuatoriano quien administra, regula, controla y gestiona este recurso a través de la Agencia de Regulación y control de las telecomunicaciones ARCOTEL.

Para llevar a cabo la implementación de una estación de radiodifusión sonora o televisiva, es necesario contar con una concesión de frecuencias determinada del espectro radioeléctrico.

Ésta será otorgada por el estado a través de la ARCOTEL, dicho organismo del Estado ecuatoriano es el encargado de realizar un concurso a nivel nacional para la adjudicación de las mismas.

La modalidad de este concurso se realiza de la misma manera tanto para radios AM y FM ya sean privadas o comunitarias.

El principal objetivo de este concurso es el asignar frecuencias del espectro radioeléctrico, en donde puedan operar los medios de comunicación privados y/o comunitarios.

Este concurso se realiza cada cierto tiempo y en diferentes zonas, en donde solo están disponibles aquellas frecuencias en las que cuyos contratos de concesión vencieron o están por vencer, y también por aquellas frecuencias que fueron revocadas por la Autoridad de Telecomunicaciones.

1.3. Definición del Problema

En el Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la Parroquia El Laurel publicado en 2015 detalla que los servicios de telecomunicaciones son aún incipientes y no son equitativos en toda la zona, puesto que en zonas rurales hay limitaciones en cuanto cobertura y accesibilidad.

Los servicios de telecomunicaciones tienen un porcentaje muy bajo en este lugar a diferencia de otros centros poblados urbanos. El servicio de telefonía móvil es el que predomina en disponibilidad y cobertura en la cabecera parroquial y en zonas rurales disminuye a un 63%.

La recepción de los servicios de televisión por aire y radiodifusión sonora son muy pobres tanto en canales como en calidad, haciendo que la mayoría de la población opte por televisión satelital que también se ve afectada por las lluvias en época de invierno y se conforme con las pocas estaciones de radio en AM y FM que cubren esa zona.

En este trabajo de titulación se plantea hacer un estudio de la viabilidad técnica para el despliegue de una estación de radiodifusión sonora que sirva para mantener comunicada a toda la población de El Laurel y sus recintos aledaños.

1.4. Justificación del Problema

En la Parroquia El Laurel muchas de sus zonas rurales que se encuentran alejadas de la cabecera parroquial se ven afectadas por su dificultad en accesibilidad a distintos tipos de servicios de telecomunicaciones, por lo que el despliegue de la Radio sería una gran alternativa para mantener informada a la comunidad.

Según miembros de la Junta Parroquial de El Laurel, si se llegase a implementar este estudio no solo se mantendría informada a la población sino también sería un impulso al crecimiento de las principales actividades de producción.

1.5. Objetivos del Problema de Investigación

1.5.1. Objetivo General

Estudiar y analizar las viabilidades técnicas para el despliegue de una estación de radiodifusión sonora que sirva a la Parroquia El Laurel.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Realizar diversas simulaciones con los diferentes parámetros investigados para tener un estudio de la propagación y cobertura de la señal.

- Estudiar y analizar los diferentes modelos de propagación y las recomendaciones de la ITU para radiodifusión sonora en FM.
- Revisar los costos de implementación de cada etapa del proyecto.
- Realizar una investigación fundamentada en los requerimientos que exige el estado y de acuerdo a normas y estándares internacionales.

1.6. Metodología de Investigación

Este trabajo de titulación es un tipo de investigación de exploratoria debido a que estudiará el comportamiento de señales de radio en una zona determinada por medio de softwares de simulación.

Es descriptiva porque se explican parámetros y conceptos relacionados a la radiodifusión, fundamentados en las radiocomunicaciones y se han realizado estudios predictivos mediante simulaciones que nos permitirán determinar la mejor opción para el desarrollo del proyecto.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1. Información del lugar de investigación del proyecto

2.1.1. Reseña histórica

La Parroquia el Laurel, es perteneciente al Cantón Daule, inicialmente, según los testimonios hablados, por el año 1890 tenía por nombre El Cañal.

El Cañal es mencionado por el escritor dauleño Emiliano Caicedo en la segunda edición de su libro "Apuntes Históricos y Estadísticos de Daule" editado en 1902, como un recinto de la Parroquia Daule.

En el libro "Geografía Regional del Cantón Daule" editado en 1911 del autor Carlos Matamoros, corrobora y asegura que El Cañal es un recinto del Cantón Daule.

Este lugar toma el nombre de El Laurel por la idea de un sacerdote, quién al contemplar la gran cantidad de árboles de laurel en la orilla del río siente la necesidad de cambiarle a ese nombre.

Es así que logra convencer a los moradores del poblado para otorgarle ese nombre.

Es en la fecha del 14 de Diciembre de 1986 que El Laurel celebra su triunfo de parroquialización. El Ilustre Consejo Cantonal de Daule, mediante la autoridad que le concede la ley en el art. 10 del Régimen municipal en vigencia en ese entonces, se creó la Parroquia rural El Laurel.

2.1.2. Características generales

Ubicación: Km 56 Vía Guayaquil – Daule – Balzar (al Norte del Cantón Daule)

Extensión territorial: 38.48 Km²

Temperatura promedio: 26 – 32 grados °C en invierno, 22 a 26 grados °C en verano.

Población: Al 2015 aprox. 11410 habitantes. 39.10% áreas urbanas y 60.90% áreas rurales.

Límites: Al norte Cantón Santa Lucía; al Sur Parroquia Juan Bautista Aguirre del Cantón Daule; al Este Parroquia Junquillal del cantón Salitre; al Oeste Parroquia Limonal del cantón Daule.

2.2. Radiodifusión

2.2.1. Historia de la Radio

En 1867, el físico escocés James Clerk Maxwell, dio a conocer su teoría del electromagnetismo. Esta teoría consiste en un cálculo matemático que permite hacer una predicción de poder crear ondas electromagnéticas y su propagación por el espacio, según su teoría, dichas ondas se propagarían a la velocidad de la luz en el aire.

La radio, se puede decir que comienza su historia a partir del año 1887 cuando el físico alemán Heinrich Hertz descubre las ondas electromagnéticas y mediante experimentos pudo comprobar las ya

existentes teorías de Maxwell y que estas señales eléctricas pueden propagarse y viajar a través del aire libre.

Hertz tuvo la iniciativa de estudiar estas ondas por medio de un oscilador y un resonador, consiguiendo de esta manera la primera transmisión sin cables ni hilos de cobre.

Aunque los descubrimientos de Hertz comprobaron la existencia de las ondas electromagnéticas y las teorías de Maxwell, sus experimentos no tuvieron un resultado aplicable inmediato puesto que el resonador que detectaba las señales solo podía funcionar a una distancia muy corta del aparato que las generaba.

Eduardo Branly de origen francés, en 1890, inventó un cohesor el cual permitía detectar la presencia de las ondas radiadas y que, a partir desde ese momento sería utilizado por todos los investigadores que anhelaban la comunicación sin hilos. El cohesor de Branly a diferencia del resonador de Hertz permitía captar las ondas hertzianas a distancias mucho más grandes.

La radio comercial se le atribuye a Gugliermo Marconi, quien basado en los experimentos de Hertz, Lodge y Tesla pudo desarrollar y comercializar el invento.

Los hechos relatan que el inventor Marconi en 1901 patentó un transmisor lo suficientemente capaz de poder transmitir mensajes en código morse que crucen el Océano Atlántico.

Los resultados de esta invención mostraron una mayor eficiencia en comparación con la del telégrafo y lo que más resultaba ventajoso era que no necesitaba la utilización de los costosos alambres ni tendido de cables.

La marina mercante fue la quien más se vio beneficiada por el invento de Marconi, que tenía a la radio como el sistema de comunicación más importante.

En la época de los años 20, en el Ecuador las únicas personas que desarrollaban tendencias en radiocomunicaciones fueron los radioaficionados quienes experimentaban, diseñaban y construían sus propios equipos y antenas.

Fue en el año de 1929 que apareció la primera estación de radio la cual estaba ubicada en Riobamba y tenía por nombre El Prado, la cual operaba con una potencia de transmisión de 25W y a una frecuencia de 5MHz. (ARCOTEL, 2015)

2.2.2. Tipos de Radio

En los tipos de estaciones de radio tenemos:

2.2.2.1. Radios comerciales privadas

Estas estaciones de radio se caracterizan porque su servicio está destinado a satisfacer las necesidades en cuanto a gustos y los hábitos del radioescucha. Este servicio de radiodifusión se lo presta con fines de lucro, su programación puede ser de toda índole buscando fomentar educación, propósitos culturales, de recreación e información, etc.

2.2.2.2. Radios públicas

Las estaciones de radio de carácter público son aquellas que mediante su contenido de programación buscan satisfacer las

necesidades de comunicar todas aquellas novedades del Estado a la ciudadanía en general.

2.2.2.3. Radios comunitarias

El principal objetivo de una radio comunitaria es el de tener un espacio en el cual la gente pueda expresarse de manera libre y busca brindar una información alterna a la oficial, siempre buscando llenar aquellos espacios que los medios de comunicación convencionales dejan de lado. (Garza García, 2010)

El servicio de radiodifusión comunitaria es participativo y en conjunto, se pretende satisfacer las necesidades de comunicación en el área destinada a cubrir. Todos los habitantes de la comunidad tienen el derecho a participar de este servicio y a través de sus programas radiales se busca impulsar el desarrollo social y cultural, la convivencia y el fortalecimiento de la identidad.

2.2.3. Clasificación de las estaciones de radio

Tabla 2. 1: *Clasificación de las estaciones de radiodifusión*

| Parámetros | Tipo de estación |
|----------------------------------|------------------|
| Programación que transmite | Matriz |
| | Repetidora |
| Tipo de concesionario | Públicos |
| | Privados |
| | Comunitarios |
| Características técnicas para FM | Potencia normal |
| | Baja potencia |
| Por la potencia del transmisor | Local |
| | Regional |
| | Nacional |

Elaborado por: (ARCOTEL, 2015)

En este trabajo de titulación se busca diseñar una estación de radio del tipo de concesionario comunitario y por sus características técnicas de baja potencia.

Una estación de baja potencia debe operar con un PER máximo de hasta 250 W.

El transmisor debe estar ubicado en la periferia de la zona a servir y su sistema radiante debe estar ubicado a una altura máxima de 36m.

Su finalidad es la de servir a zona y una población relativamente pequeña, para que otro concesionario pueda reutilizar la frecuencia del dial en otro cantón de la misma provincia.

2.3. Radiocomunicación

Se puede definir a la Radiocomunicación como una telecomunicación realizada a través de las ondas radioeléctricas. (Hernando Rábanos, Riera Solís, & Mendo Tomás, 2013)

Las ondas radioeléctricas, según la UIT, las define como ondas electromagnéticas que se propagan en el espacio sin necesidad de una guía artificial.

Según estas definiciones, se puede decir que por el término radio se trata de la transmisión de señales a través del espacio por medio de las ondas electromagnéticas, sin la necesidad de que exista una conexión física entre los transmisores y receptores, como se ilustra en la **figura 2.1**, siendo así el aire o el vacío el medio de propagación de estas ondas.

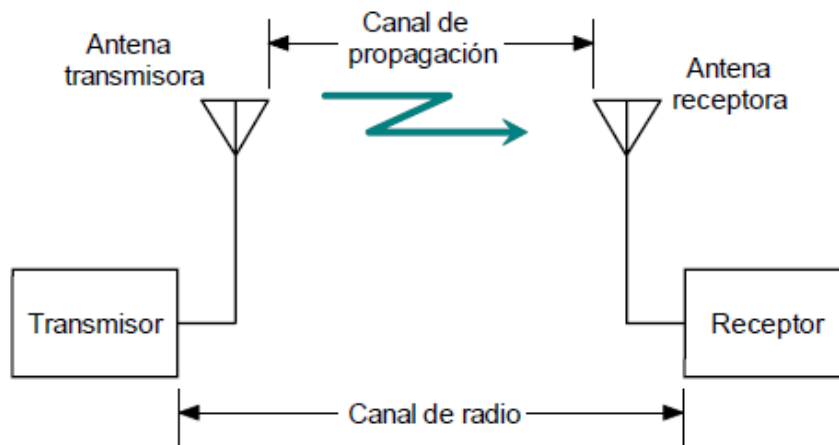


Figura 2. 1: *Esquema de un sistema de radiocomunicación*
 Elaborado por: (Pérez Vega, Zamanillo Sáinz de la Maza, & Casanueva López, s/f)

El proceso de la radiocomunicación está basado en montar la información que se va a transmitir sobre una onda electromagnética base denominada portadora o carrier. Esta técnica de inserción de la información sobre la portadora es un proceso llamado modulación.

Una vez realizado este proceso, se tiene la onda modulada, lista para ser enviada a través de la línea de transmisión que a su vez se acopla al dispositivo de propagación o antena.

2.4. Señales

En la realización del diseño de un circuito de comunicaciones electrónico es muy importante que se tenga que analizar y predecir el funcionamiento del mismo, basándose en cómo se distribuyen los niveles de potencia y cómo está compuesta la señal que contiene la información. Éste proceso de evaluación se lo realiza mediante un método matemático llamado Análisis de señales.

Para realizar el análisis de las señales se lleva a cabo un análisis matemático donde se debe tener en cuenta la frecuencia, la longitud de la onda, y el valor del voltaje de la señal. Cabe recalcar que las señales eléctricas son fluctuaciones de voltaje o de corriente con respecto al tiempo y se las representa de forma de ondas senoidales y cosenoidales. A las señales periódicas se las puede analizar tanto en los dominios del tiempo y la frecuencia.

2.4.1. Dominio del tiempo

Quien nos puede dar una representación visual grafica de una señal en el dominio del tiempo es un osciloscopio, en el cual en su pantalla se puede observar cómo es la forma de onda que describe la señal y el valor de su magnitud instantánea de con respecto al tiempo, pero no precisamente indica el valor de frecuencia.

2.4.2. Dominio de la frecuencia

Quien trabaja en el dominio de la frecuencia es el analizador de espectro y precisamente no muestra en su pantalla una representación ninguna forma de onda. Este instrumento muestra una gráfica de amplitud vs frecuencia que se la conoce como espectro de frecuencia. En el analizador de espectro el eje vertical representa la amplitud y el eje horizontal representa la frecuencia.

2.4.3. Señales no deseadas

Un caso muy común de señales no deseadas es la perturbación debida al ruido el cual se puede dar por origen natural como el ruido atmosférico por ejemplo o puede ser también de origen artificial como los ruidos de los motores de vehículos, etc.

Como ruido eléctrico se define a cualquier tipo de energía eléctrica no deseada que queda entre la banda de paso de la señal.

Al ruido lo podemos clasificar en dos categorías:

- Ruido correlacionado
- Ruido no correlacionado

La correlación quiere decir que existe una relación entre la señal y el ruido, por lo tanto el ruido correlacionado sólo existe cuando haya una señal. Mientras que el ruido no correlacionado existe siempre, cuando haya o no una señal.

Entre los tipos de ruido tenemos:

- Ruido Térmico o ruido blanco que es aquel que surge debido a la temperatura de los conductores, a este tipo de ruido no lo podemos eliminar ya que está presente en todos los equipos electrónicos y los medios transmisión guiados, haciendo limitar las prestaciones del sistema de comunicaciones.

En cualquier medio de transmisión (conductores) y en los equipos electrónicos en un ancho de banda de 1Hz la cantidad de ruido térmico se lo puede calcular con esta expresión:

$$N_0 = kT \quad (\text{W/Hz})$$

No: densidad de potencia del ruido que está dada en wattios/ hertzio

k: Constante de Boltzmann k: $1,3803 \times 10^{-23} \text{ J/}^\circ\text{K}$ (Joules/ grados kelvin)

T: temperatura en grados Kelvin

Para un ancho de banda de W se utiliza la siguiente expresión:

$$N = kTW$$

$$N = 10 \log k + 10 \log T + 10 \log W$$

$$N = -228,6 \text{ dBW} + 10 \log T + 10 \log W.$$

- Diafonía, esta sucede en los acoplamientos no deseados de los medios de transporte de las señales. Es también conocida como modulación cruzada.
- Ruido de intermodulación, este tipo de ruido se da debido a los elementos no lineales dentro del circuito, como los transistores por ejemplo.

Las señales de que trabajan en con diferentes frecuencias dentro del circuito generan una onda adicional o espuria, su efecto es muy similar al ruido térmico. (Sagbay Sacaquirin & Sánchez Sánchez, 2013)

- Ruido impulsivo, este tipo de ruido no es continuo y consiste en una serie de pulsos irregulares de duración corta y amplitud grande, afecta en muy pocas proporciones a las comunicaciones de voz, pero por el contrario afecta de manera significativa las comunicaciones de datos, siendo así que aumente la probabilidad de errores en la comunicación.

2.4.4. Banda base

La banda base en las telecomunicaciones se refiere a la transmisión de señales de una en una a través de un canal. Comprende una banda de frecuencias que pueden ser producidas por un transductor tal como un micrófono o un altavoz.

Estas señales no se las somete a ningún proceso de modulación, es decir que son señales que se transmiten en su frecuencia original.

Cuando se tiene más de una señal en banda base surge un inconveniente, por ejemplo si se transmiten varias señales de voz en banda base, éstas se interferirían entre sí, de esta manera no se podrían transmitir de manera simultánea, puesto que en el receptor sería muy difícil discernir cada una de estas señales. Lo más apropiado sería separar estas señales de alguna manera cada una en un canal diferente.

2.5. Bandas de frecuencia

Según Tomasi et al.(2003), la frecuencia es el número de veces que sucede un movimiento periódico como lo es una onda senoidal de voltaje o de corriente en un determinado período. Se denomina ciclo a la inversión completa de la onda.

Para levantar un enlace de radiocomunicación es necesaria la utilización de una frecuencia radioeléctrica. Debido a la gran demanda por ofrecer servicios de telecomunicaciones y a los inconvenientes por interferencias hacen que las asignaciones de frecuencias a las estaciones de radio se torne un proceso complejo en el cual se debe llevar una planificación previa.

El espectro radioeléctrico es un recurso natural, reutilizable pero escaso, por lo tanto es muy importante llevar con mucho cuidado el proceso de asignación para poder optimizar este recurso y que lo puedan utilizar la mayor cantidad posible de estaciones.

Las ondas radioeléctricas son omnipresentes por lo tanto no conocen de fronteras, es necesario que la gestión tenga un alcance internacional y de eso se encarga la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) la cual establece también mecanismos de coordinación internacional para el uso de frecuencias.

Según ARCOTEL (2015), en su norma técnica para el servicio de radiodifusión FM se establecen:

- Frecuencias principales o dial destinadas para radiodifusión sonora en FM comprende el rango de frecuencias entre 87,5 a 108 MHz.
- Frecuencias secundarias que son utilizadas en radioenlaces auxiliares, como por ejemplo de la estación matriz al transmisor.

2.5.1. Atribución, adjudicación y asignación de bandas de frecuencias

El espectro radioeléctrico está dividido en varias bandas de frecuencias, a las cuales se le atribuyen los distintos tipos de servicios radioeléctricos.

La UIT realiza estas atribuciones por medio de conferencias en donde se establece los llamados Planes de Adjudicación, en el cual se permiten habilitar frecuencias para su utilización en los diferentes servicios de radiocomunicación.

Gómez Abajo (2016), expone que la UIT ha realizado reformas en el sector, y abordan los diferentes clases de retos a los que se enfrentan los organismos reguladores para garantizar que las

normativas sean justas y que los servicios estén a disposición de todos.

En el Ecuador para la atribución o adjudicación de una frecuencia, se lleva a cabo el CONCURSO PÚBLICO PARA LA ADJUDICACIÓN DE FRECUENCIAS PARA EL FUNCIONAMIENTO DE MEDIOS DE COMUNICACIÓN SOCIAL PRIVADOS Y COMUNITARIOS DE RADIODIFUSIÓN SONORA Y/O DE TELEVISIÓN DE SEÑAL ABIERTA, el cual cuenta con 2 etapas.

La primera etapa del concurso está a cargo de la ARCOTEL, la cual tiene la tarea de analizar los aspectos técnicos, económicos y de gestión de los candidatos.

La segunda etapa del concurso la lleva la CORDICOM el cual se encarga de evaluar y calificar los proyectos comunicacionales.

2.5.2. Nomenclatura

El espectro radioeléctrico está dividido en 9 subsectores o bandas de frecuencias. Cada una de estas bandas tiene un nombre y posee límites. En EEUU quien se encarga de la asignación de frecuencias es la FCC (Comisión Federal de Comunicaciones) y en el Ecuador se encarga la Agencia de regulación y control de las telecomunicaciones (ARCOTEL). (Sagbay Sacaquirin & Sánchez Sánchez, 2013) Ver **Tabla 2.2.**

Tabla 2. 2: Clasificación de las bandas de frecuencias

| Número de la banda | Abreviación (en Inglés) | Gamas de Frecuencias | Designación Métrica correspondiente | Abreviaturas |
|--------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------------------|--------------|
| 4 | VLF | 3 a 30 KHz | Ondas miriámétricas | B. Mam |
| 5 | LF | 30 a 300 KHz | Ondas kilométricas | B. km |
| 6 | MF | 300 a 3000 KHz | Ondas hectométricas | B. hm |
| 7 | HF | 3 a 30 MHz | Ondas decamétricas | B. dam |
| 8 | VHF | 30 a 300 MHz | Ondas métricas | B. m |
| 9 | UHF | 300 a 3000 MHz | Ondas decimétricas | B. dm |
| 10 | SHF | 3 a a30 GHz | Ondas centimétricas | B. cm |
| 11 | EHF | 30 a 300 GHz | Ondas milimétricas | B. mm |
| 12 | | 300 a 3000 GHz | Ondas decimilimétricas | |

Elaborado por: (Hernando Rábanos et al., 2013)

La unidad de frecuencia es el Hertz (Hz) y $1 \text{ Hz} = 1 \text{ Ciclo por segundo (cps)}$. En las comunicaciones electrónicas se acostumbra a utilizar prefijos métricos para representar a grandes frecuencias y se expresan de la siguiente manera como se muestra en la **Tabla 2.3.**

Tabla 2. 3: Prefijos de frecuencia

| | | |
|--------------------|------------|--|
| Kilohertzio | KHz | Hasta 3000 KHz |
| Megahertzio | MHz | Desde 3000 KHz o 3MHz hasta 3000 MHz o 3 GHz |
| Gigahertzio | GHz | Desde 3000 MHz o 3GHz hasta 3000 GHz o 3 THz |
| Terahertzio | THz | Desde 3000 GHz o 3THz |

Elaborado por: (Hernando Rábanos et al., 2013)

2.5.3. Canalización de la banda de FM

La banda de FM se encuentra dividida en 100 canales cada uno de 200 MHz, dicha canalización comienza desde la 88.1 en el canal uno hasta el canal 100 en 107.9. A continuación se muestra una tabla de la respectiva canalización de la banda de FM. Ver **Tabla 2.4.**

Tabla 2. 4: *Canalización de la Banda FM – Norma técnica para radiodifusión sonora en FM analógica*

| N° | FRECUENCIA | N° | FRECUENCIA | N° | FRECUENCIA | N° | FRECUENCIA |
|----|------------|----|------------|----|------------|-----|------------|
| 1 | 88.1 | 26 | 93.1 | 51 | 98.1 | 76 | 103.1 |
| 2 | 88.3 | 27 | 93.3 | 52 | 98.3 | 77 | 103.3 |
| 3 | 88.5 | 28 | 93.5 | 53 | 98.5 | 78 | 103.5 |
| 4 | 88.7 | 29 | 93.7 | 54 | 98.7 | 79 | 103.7 |
| 5 | 88.9 | 30 | 93.9 | 55 | 98.9 | 80 | 103.9 |
| 6 | 89.1 | 31 | 94.1 | 56 | 99.1 | 81 | 104.1 |
| 7 | 89.3 | 32 | 94.3 | 57 | 99.3 | 82 | 103.3 |
| 8 | 89.5 | 33 | 94.5 | 58 | 99.5 | 83 | 104.5 |
| 9 | 89.7 | 34 | 94.7 | 59 | 99.7 | 84 | 104.7 |
| 10 | 89.9 | 35 | 94.9 | 60 | 99.9 | 85 | 104.9 |
| 11 | 90.1 | 36 | 95.1 | 61 | 100.1 | 86 | 105.1 |
| 12 | 90.3 | 37 | 95.3 | 62 | 100.3 | 87 | 105.2 |
| 13 | 90.5 | 38 | 95.5 | 63 | 100.5 | 88 | 105.3 |
| 14 | 90.7 | 39 | 95.7 | 64 | 100.7 | 89 | 105.7 |
| 15 | 90.9 | 40 | 95.9 | 65 | 100.9 | 90 | 105.9 |
| 16 | 91.1 | 41 | 96.1 | 66 | 101.1 | 91 | 106.1 |
| 17 | 91.3 | 42 | 96.3 | 67 | 101.3 | 92 | 106.3 |
| 18 | 91.5 | 43 | 96.5 | 68 | 101.5 | 93 | 106.5 |
| 19 | 91.7 | 44 | 96.7 | 69 | 101.7 | 94 | 106.7 |
| 20 | 91.9 | 45 | 96.9 | 70 | 101.9 | 95 | 106.9 |
| 21 | 92.1 | 46 | 97.1 | 71 | 102.1 | 96 | 107.1 |
| 22 | 92.3 | 47 | 97.3 | 72 | 102.3 | 97 | 107.3 |
| 23 | 92.5 | 48 | 97.5 | 73 | 102.5 | 98 | 107.5 |
| 24 | 92.7 | 49 | 97.7 | 74 | 102.7 | 99 | 107.7 |
| 25 | 92.9 | 50 | 97.9 | 75 | 102.9 | 100 | 107.9 |

Elaborado por: (ARCOTEL, 2015)

2.6. Clasificación de emisión

A las clasificaciones de emisión se las identifica con un código de 3 símbolos, el cual dicho código es una combinación de letras y números, como se puede observar en la **Tabla 2.5**.

- Primer símbolo: Es una letra e indica el tipo de modulación de la portadora principal.
- Segundo símbolo: Es un número e indica el tipo de emisión.
- Tercer símbolo: Es una letra e indica el tipo de información a transmitir.

Tabla 2. 5: *Símbolos de clasificación de emisiones*

| Símbolo | Letra | Tipo de modulación |
|---------|-------------------------------|---|
| Primero | No Modulado | |
| | N | Portadora no modulada |
| | Modulación de amplitud | |
| | A | Doble banda lateral, portadora de máxima potencia (DSBFC) |
| | B | Banda lateral independiente, portadora de máxima potencia (ISBFC) |
| | C | Banda lateral residual, portadora de máxima potencia (VSB) |
| | H | Banda lateral única, portadora de máxima potencia (SSBFC) |
| | J | Banda lateral única, portadora suprimida (SSBSC) |
| | R | Banda lateral única, portadora reducida (SSBRC) |
| | Modulación de ángulo | |
| | F | Modulación de frecuencia (FM directa) |
| | G | Modulación de fase (FM indirecta) |
| | D | AM y FM simultáneas o secuenciadas |
| | Modulación de pulso | |
| | K | Modulación de amplitud de pulso (PAM) |
| | L | Modulación de ancho de pulso (PWM) |
| | M | Modulación de posición de pulso (PPM) |

| Símbolo | Letra | Tipo de modulación |
|----------------|--------------|--|
| | P | Pulsos no modulados (datos binarios) |
| | Q | Angulo modulado durante pulsos |
| | V | Cualquier categoría de combinación de categorías de modulación de pulso |
| | W | Una combinación cualquiera de dos o más de las formas anteriores de modulación |
| | X | Casos sin describir |
| Segundo | 0 | Sin señal moduladora |
| | 1 | Portadora manipulada digitalmente |
| | 2 | Tono manipulado digitalmente |
| | 3 | Analógica (sonido o video) |
| | 7 | Dos o más canales digitales |
| | 8 | Dos o más canales analógicos |
| | 9 | Analógica o digital |
| Tercero | A | Telegrafía manual |
| | B | Telegrafía automática |
| | C | Facsímil |
| | D | Información, telemetría |
| | E | Telefonía (radiodifusión de audio) |
| | F | Televisión (Radiodifusión de video) |
| | N | Ninguna información transmitida |
| | W | Cualquier combinación de segunda letra |

Elaborado por: Tomasi et al. (2003)

2.7. Modos de transmisión

En el diseño de sistemas de comunicaciones electrónicas se puede manejar el sentido de transmisión de la información por medio de los llamados modos de transmisión, Hernando Rábanos et al. (2013) definen los siguientes:

- **Simplex:** en el método simplex las transmisiones se hacen en solo una dirección como se muestra en la *Figura 2.2(a)*. Se las conoce también como comunicaciones de un solo sentido, es decir que o solo se transmite o solo se recibe la información.

Un ejemplo de un sistema de comunicaciones simplex es la radio comercial, en donde la estación principal solo transmite y los equipos de los oyentes solo reciben la señal de audio.

- **Half-Duplex:** En un sistema Half-Duplex ambas estaciones pueden enviar o recibir información pero no lo pueden hacer de manera simultánea como se muestra en la *Figura 2.2(b)*. Por ejemplo los radios portátiles o walkie talkies donde solo uno puede hablar a la vez, cuando desocupa el canal otra persona puede hacer uso de él para poder transmitir.
- **Full Dúplex:** En este modo de transmisión se permite la transmisión simultánea en ambos sentidos de un canal de radiocomunicación como se puede observar en la **Figura 2.2(c)**.

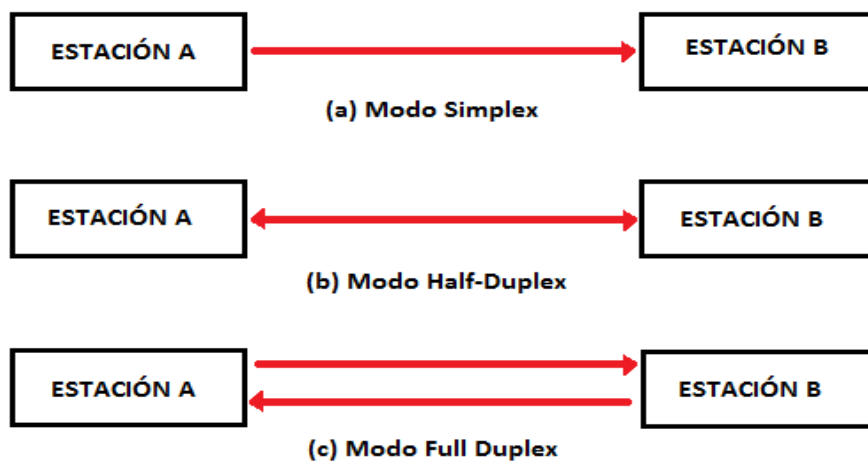


Figura 2. 2: *Modos de transmisión*

Elaborado por: Autor

2.8. Parámetros de emisión

2.8.1. Clase de emisión

Comprende el conjunto de características de una emisión como son la clase de modulación en la portadora principal, de qué tipo es información que se va a transmitir y la naturaleza de la señal moduladora.

2.8.2. Modulación en amplitud modulada AM

En la modulación de amplitud modulada AM, el proceso de modulación consiste en cambiar los parámetros de amplitud de la señal portadora o carrier de frecuencia relativamente alta, con respecto a los parámetros de amplitud de la señal moduladora o información.

A la onda resultante se le denomina envolvente, y su forma es muy similar a la forma de la onda moduladora.

En la radiodifusión sonora este tipo de modulación comprende una gran extensión de cobertura pero la calidad del audio es baja y es muy susceptible al ruido afectando principalmente a la amplitud de la onda.

En la modulación de amplitud (AM) las frecuencias de las portadoras comprenden el rango de frecuencias de 535 KHz hasta 1605 KHz y se encuentran asignadas en intervalos de 10 KHz.

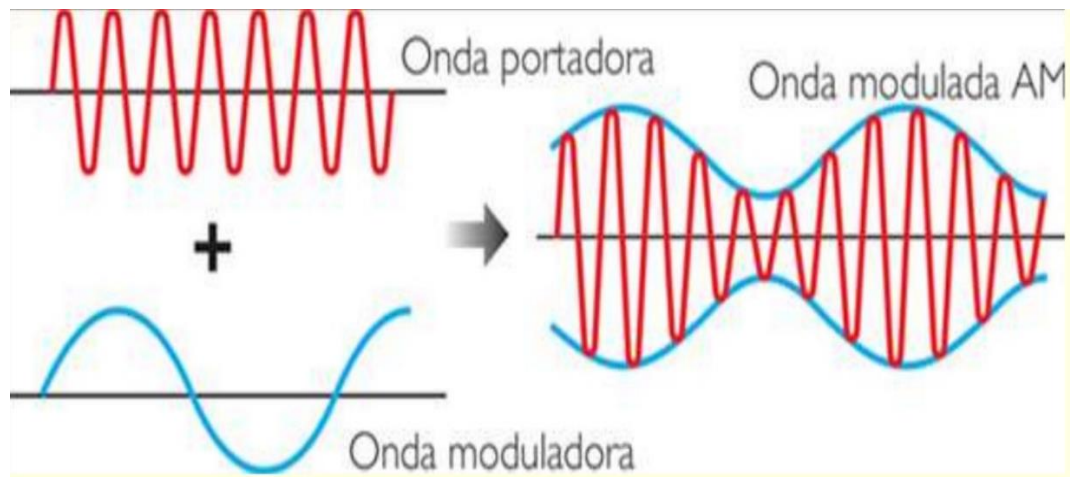


Figura 2. 3: *Representación de la modulación AM*

Elaborado por: Henriquez (2013)

2.8.3. Modulación en Frecuencia Modulada FM

El proceso de modulación en FM consiste en variar los parámetros de frecuencia de la portadora según la intensidad de la onda moduladora. La onda resultante será de amplitud constante pero variará su frecuencia como se observa en la **Figura 2.4**.

Este tipo de modulación surge porque en AM los ruidos afectan en gran magnitud a la amplitud de la onda resultante. En FM la información se extrae de la variación de frecuencia por lo tanto el ruido no la afecta porque su amplitud es constante.

FM es muy comúnmente utilizada en radiocomunicaciones de alta frecuencia debido a la excelente calidad de la radiodifusión de la música y la voz. Se puede diseñar un sistema de comunicación con una estación matriz y un conjunto de repetidores que emitan la misma programación de manera simultánea.

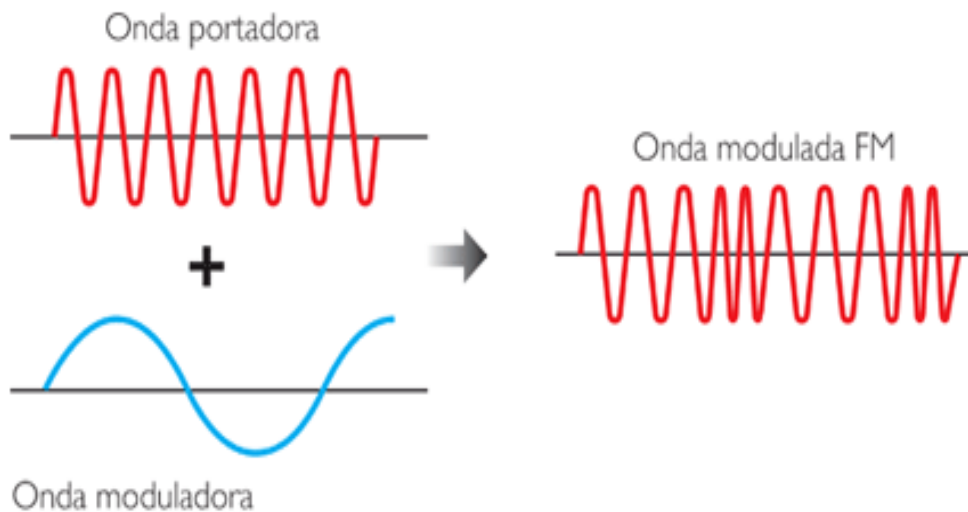


Figura 2. 4: *Representación de la modulación FM*

Elaborado por: Henriquez (2013)

2.8.4. AM vs FM

Tabla 2. 6: *Comparativa de AM vs FM*

| AM | FM |
|---|--|
| En modulación AM se varía la amplitud de la onda portadora o carrier por medio de la señal modulante. La frecuencia y la fase son las mismas | En modulación FM la frecuencia de la portadora es variada de acuerdo a la señal modulante. La amplitud y la fase son las mismas. |
| AM posee una baja calidad de sonido. Utiliza un pequeño ancho de banda, por lo tanto puede haber más estaciones disponibles en cualquier rango de frecuencias. | FM utiliza un ancho de banda mayor comparado con Am, debido a esto posee una mejor calidad de sonido. FM es menos propenso a interferencias como lo es AM |
| En AM se requiere un ancho de banda del doble de la frecuencia de modulación. | En FM se requiere un ancho de banda de dos veces la suma de la frecuencia de señal de modulación y |

| AM | FM |
|--|---|
| En radiodifusión AM, la señal de modulación tiene un ancho de banda de 15 kHz , y por lo tanto el ancho de banda de una señal modulada en amplitud es 30 kHz | la desviación de frecuencia. Si la desviación de frecuencia es 75 kHz y la frecuencia de modulación de señales es de 15 kHz, el ancho de banda requerido es de 180kHz. |
| AM es mucho más susceptible al ruido, ya que el ruido afecta la amplitud. En AM la información se extrae de las variaciones de amplitud. | FM es inmune al ruido debido a que la información se transmite a través de variaciones de frecuencia y no a través de la amplitud. |

Elaborado por: Autor

La modulación FM resulta tener mayores ventajas frente a una modulación AM, en cuanto a costos de instalación y equipos es mucho más barato.

Un inconveniente es la cobertura, FM al trabajar en frecuencias altas su longitud de onda es más corta por lo tanto se necesitarán de varias estaciones transmisoras para cubrir una zona grande, por el contrario AM trabaja con frecuencias bajas y potencias altas; haciendo que su cobertura sea muy extensa.

Otra de las ventajas de FM es la calidad del sonido, al ser una modulación inmune al ruido hace que su calidad en recepción sea muy buena, AM por el contrario se ve muy afectada por cualquier tipo de ruido haciendo que su calidad de sonido en recepción sea baja.

Según Gómez Abajo (2015) en la revista tendencias 21 comenta acerca de nuevos hallazgos desarrollados en EEUU, los cuales aseguran que las ondas de FM evitarían que exista interferencia en

redes Wi-Fi. Los equipos aprovecharían del chip FM que poseen integrado para comunicarse entre sí y evitar interferirse. Se le denomina Wi-FM.

2.8.5. Ancho de banda

El ancho de banda es la diferencia entre la frecuencia máxima y la frecuencia mínima contenidas en la información. En un canal de comunicaciones se define como la anchura o el espacio que se necesita para que puedan transitar las frecuencias de importancia de la información. (Tomasi et al., 2003)

El ancho de banda del canal tiene que ser de igual o mayor tamaño que el ancho de banda de la información que se circula dentro de él.

2.8.6. Tolerancia de frecuencia de una emisión

Consiste en la desviación máxima permitida entre la frecuencia que se haya asignado y la que se sitúa en el centro de la banda de frecuencias ocupada por una emisión.

2.8.7. Polarización de las ondas

Cuando las ondas electromagnéticas tiene desplazamientos solo en Y o solo en Z se puede decir que esta se encuentra linealmente polarizada. Todas las ondas electromagnéticas se caracterizan por la polarización que posean, se definen a partir del vector del campo eléctrico. Ver **Figura 2.5**. Entre los tipos de polarización tenemos.

➤ **Polarización horizontal**

Se dice que una onda está polarizada horizontalmente cuando la componente de campo eléctrico está contenida en un plano horizontal

Se encuentra de manera paralela a eje de referencia que es la superficie de la tierra.

➤ **Polarización vertical**

Se dice que una onda está polarizada verticalmente cuando la componente de campo eléctrico está contenida en un plano vertical.

Se encuentra de manera perpendicular a eje de referencia que es la superficie de la tierra.

➤ **Polarización elíptica**

En este tipo de polarización el campo eléctrico posee una inclinación de 45° grados con respecto a la horizontal. Consiste en una magnitud resultante de dos componentes de la misma amplitud y fase que se encuentran polarizadas horizontal y verticalmente.

➤ **Polarización circular**

El vector de campo eléctrico en su extremo describe un círculo. Comprende también una resultante de dos componentes que se encuentran polarizadas de manera horizontal y vertical, poseen

la misma amplitud y se encuentran combinadas en cuadratura de fase.

Esta onda resultante se caracteriza por tener una magnitud constante la cual gira en el plano perpendicular a la dirección de propagación.

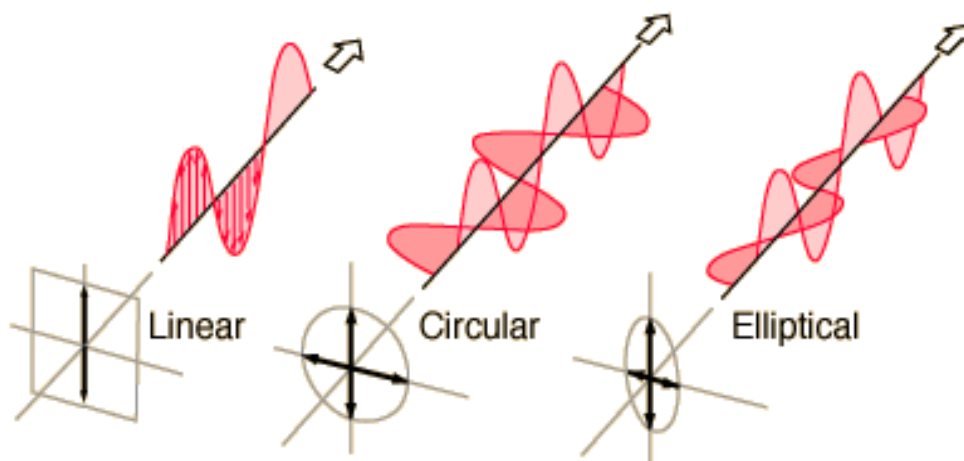


Figura 2. 5: *Tipos de polarización*
Elaborado por: (Hyperphysics, 2011)

La polarización circular resulta ser la polarización con mayores ventajas con respecto a las demás ya que la posición de las antenas en la transmisión y recepción no necesita estar alineadas a diferencia como ocurre en la polarización lineal (horizontal y vertical) en la cual el ángulo de inclinación de las antenas debe ajustarse y coincidir para lograr una óptima comunicación.

2.9. Propagación de las señales de radiofrecuencia

Un radioenlace comprende la emisión de un flujo de energía electromagnética a través de un dispositivo de propagación en un

extremo denominado transmisor y del otro extremo quién recibe ese flujo de energía es llamado receptor.

Cuando se realiza un radioenlace es menester tener en cuenta los distintos tipos de fenómenos que afectarían la propagación de la señal en el receptor. Entre dichos inconvenientes tenemos la pérdida básica de propagación, las pérdidas producidas por las obstrucciones montañosas.

2.9.1. Fenómenos físicos

La propagación de ondas radioeléctricas sufren alteraciones debido a fenómenos físicos tales como:

2.9.1.1. Reflexión

De igual forma que la luz, las ondas electromagnéticas pueden reflejarse en diferentes clases de materiales tales como el metal y la superficie del agua.

El principio del fenómeno de la reflexión dice que cuando una onda incide con un determinado ángulo en la superficie de un material, es con ese mismo ángulo con el cual la onda es reflejada o desviada.

Las antenas parabólicas aprovechan éste fenómeno, todas aquellas ondas que inciden en la superficie de su plato, se reflejan y se concentran en un punto común. Ver **figura 2.6.**

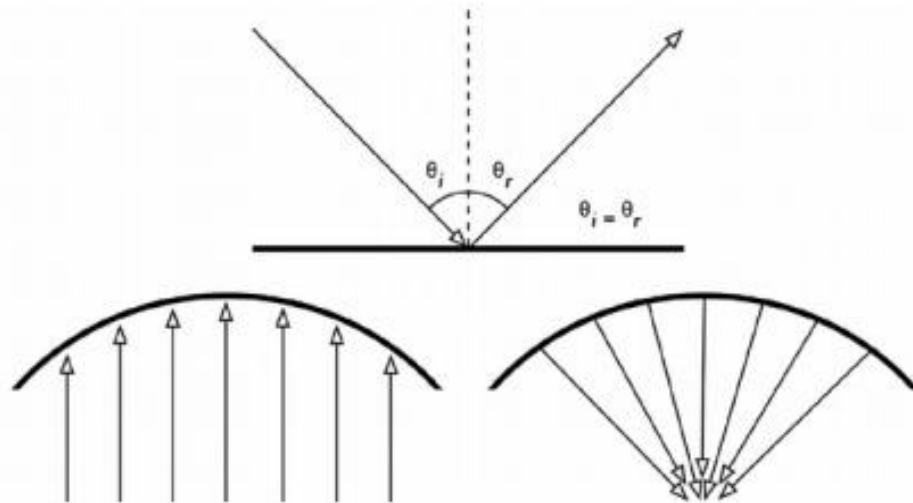


Figura 2. 6: *Reflexión de las ondas de radio*

Elaborado por: (Flickenger et al., 2013)

2.9.1.2. Absorción

Al propagarse las ondas electromagnéticas, pueden verse absorbidas al incidir con ciertos materiales, provocando que las señales se debiliten o se atenúen. El denominado coeficiente de absorción sirve para determinar el impacto que tendrá algún material en la radiación.

Los principales materiales más absorbentes son los metales y el agua.

2.9.1.3. Difracción

El fenómeno de difracción sucede al momento que una onda incide en algún material u objeto describe una forma de doblarse. Un efecto de ondas en donde doblan sus esquinas.

En la propagación de ondas electromagnéticas la difracción la podemos notar cuando las señales chocan contra elevaciones

montañosas o paredes de edificios o algún otro tipo de obstáculo. Dicha obstrucción en su trayectoria hace que la onda cambie de dirección y haga un doble en sus esquinas. Ver **figura 2.7**.

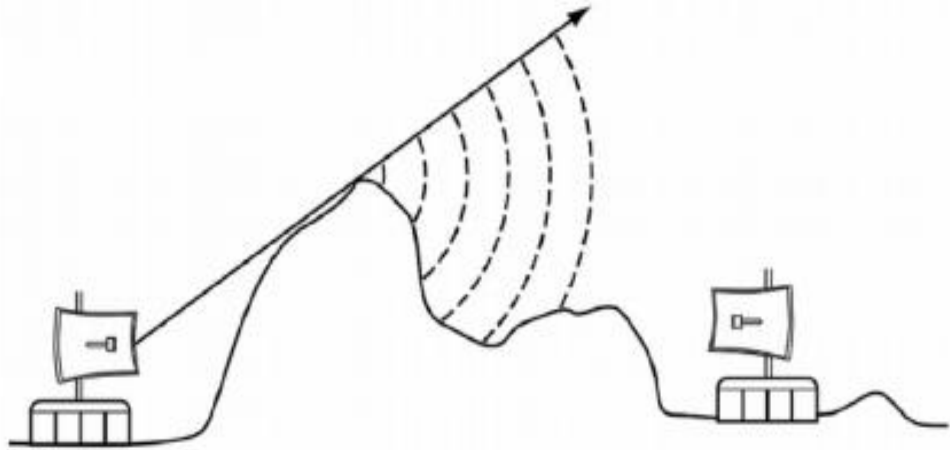


Figura 2. 7: *Difracción en zona montañosa*

Elaborado por: (Flickenger et al., 2013)

2.9.2. Línea de vista

Cuando se habla de línea de vista, quiere decir que tenemos un camino libre sin ningún tipo de obstrucción entre las antenas de transmisión y recepción. Para una mejor propagación de las señales de RF se debe contar con una línea de vista limpia, tratando de que la trayectoria de la señal circule por la menor cantidad de materiales u objetos que provoquen obstrucción.

2.9.3. Zona de Fresnel

El principio de la zona de Fresnel establece que entre los puntos A y B de un enlace radioeléctrico, toda la señal que recibe el punto B incluye también las zonas vecinas a la línea directa. Esto quiere

decir que, hay señales que se propagan en el punto A hasta el B, pero hay otras señales que llegan hasta B por trayectorias indirectas causadas por el fenómeno de reflexión. Ver **figura 2.8**.

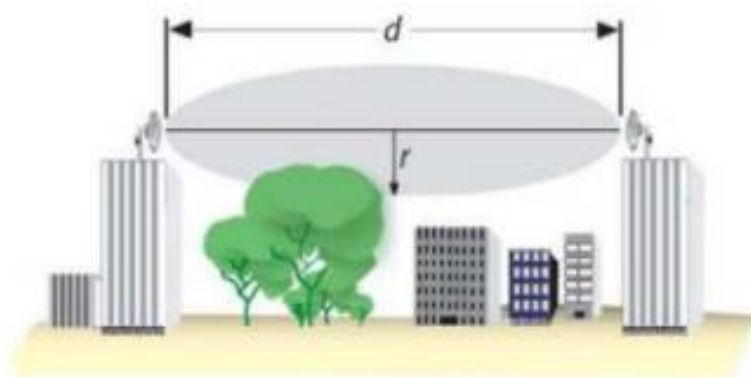


Figura 2. 8: *Representación de la zona de Fresnel*

Elaborado por: (Ruano Obando, 2011)

La primera zona de Fresnel describe un elipsoide que abarca todos esos puntos que al reflejarse poseen una diferencia de fase con respecto a la señal directa que es igual a $\lambda/2$. (Fabara Von Lippke & Villalba Márquez, 2012).

La segunda zona de Fresnel, describe también un elipsoide el cual contiene al primero con un desfase de λ .

2.9.4. Potencia efectiva radiada (PER)

Para el cálculo de este valor de potencia se tendrán en cuenta varios parámetros técnicos.

- Se debe tener en cuenta la potencia nominal con la cual opera el equipo transmisor.

- Estarán considerados los niveles de pérdidas máximas en las conexiones del sistema como la línea de transmisión y conectores. En la siguiente tabla se muestra los niveles máximos de pérdidas según el tipo de servicio.

Tabla 2. 7: *Pérdidas máximas según los tipos de servicios*

| Tipo de servicio | Pérdidas máximas |
|------------------|------------------|
| Radiodifusión FM | 1,5 dB |
| Radiodifusión AM | 1 dB |
| Televisión VHF | 2 dB |
| Televisión UHF | 2 dB |

Elaborado por: (ARCOTEL, 2010)

- Se tomarán en cuenta los niveles del sistema radiante tales como azimut de máxima irradiación y la ganancia en dBd que se detalla en los datasheet de las antenas.

Para un arreglo lineal se utiliza la siguiente ecuación:

$$G_T = G_A + 10 \cdot \log(A_T)$$

Donde:

G_T : Ganancia del arreglo en dBd

G_A : Ganancia individual de la antena medida en dBd

A_T : Numero de antenas utilizadas en el arreglo.

En un arreglo compuesto se considera otra ecuación:

$$G_T = G_A + 10 \cdot \log(A_{MR}) + 10 \log(A_{MR}/A_T)$$

A_{MR} : comprende el número total de antenas en la dirección de máxima radiación.

La fórmula para realizar el cálculo de la Potencia efectiva radiada (PER) es la siguiente:

$$PER(Kw): P_T(Kw) * 10^{\left(\frac{G(dBd) - \text{Pérdidas máximas}(dB)}{10} \right)}$$

Donde:

P_T : Potencia nominal del transmisor

$G(dBd)$: Ganancia del sistema radiante

Pérdidas de las líneas de Tx y conectores

2.9.5. Intensidad de campo eléctrico

Los valores de la Intensidad de campo eléctrico son tomados a 10 metros sobre el nivel del suelo y se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 2. 8: *Valores de intensidad de campo eléctrico*

| Zona de cobertura | Intensidad de campo eléctrico |
|------------------------------|-------------------------------|
| Área de cobertura principal | >54 dBuV/m |
| Área de cobertura secundaria | < 54 dBuV/m |
| | > 30dBuV/m |
| Otras zonas | < 30 dBuV/m |

Elaborado por: (ARCOTEL, 2015)

Para estaciones de radiodifusión de baja potencia y de Servicio comunal la intensidad de campo eléctrico es:

Tabla 2. 9: *Intensidad de campo eléctrico en estaciones de baja potencia y de servicio comunitario – Información técnica de radiodifusión*

| Zona de cobertura | Intensidad de campo eléctrico |
|------------------------------|-------------------------------|
| Área de cobertura principal | ≤ 43 dBuV/m |
| Área de cobertura secundaria | < 30 dbuV/m |

Elaborado por: (ARCOTEL, 2015)

2.9.6. Relación de Onda Estacionaria (ROE)

La ROE es la relación entre la energía que entrega el equipo transmisor y la energía que se devuelve desde el sistema radiante.

$$\text{ROE} = \frac{\text{Energía enviada}}{\text{Energía reflejada}}$$

Tomasi et al. (2003) describe que la ROE es un fenómeno que consiste en una relación entre la cantidad de energía que emite el equipo transmisor y la cantidad de energía que se refleja de vuelta por el cable coaxial, la antena, el montaje de instalaciones.

Este inconveniente está directamente relacionado con la mala instalación de los equipos y la mala calidad de los componentes pudiendo ocasionar los siguientes desperfectos:

- Disminuir la calidad de la señal, ya que no se irradia toda la potencia que entrega el transmisor.
- Podría averiar el transmisor ya que se devuelve hacia él un porcentaje de la potencia que envía.

Actualmente existen equipos que pueden soportar una determinada cantidad de ROE en la siguiente tabla se muestran los valores.

Tabla 2. 10: *Porcentajes de radiación y pérdidas según los valores de ROE*

| | | | Ejemplo con 5W | |
|------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| ROE medida | Porcentaje radiación | Porcentaje pérdidas | Porcentaje radiación | Porcentaje pérdidas |
| 1.0:1 | 100 | 0 | 5 | 0 |
| 1.1:1 | 99,7 | 0,3 | 4,985 | 0,015 |
| 1.2:1 | 99,2 | 0,8 | 4,96 | 0,04 |

| | | | Ejemplo con 5W | |
|------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| ROE medida | Porcentaje radiación | Porcentaje pérdidas | Porcentaje radiación | Porcentaje pérdidas |
| 1.3:1 | 98,3 | 1,7 | 4,915 | 0,085 |
| 1.4:1 | 97,3 | 2,7 | 4,865 | 0,135 |
| 1.5:1 | 97 | 3 | 4,85 | 0,15 |
| 1.6:1 | 95 | 5 | 4,75 | 0,25 |
| 1.7:1 | 94 | 6 | 4,7 | 0,3 |
| 1.8:1 | 92 | 8 | 4,6 | 0,4 |
| 2.0:1 | 89 | 11 | 4,45 | 0,55 |
| 2.2:1 | 86 | 14 | 4,3 | 0,7 |
| 2.4:1 | 83 | 17 | 4,15 | 0,85 |
| 2.6:1 | 80 | 20 | 4 | 1 |
| 2.8:1 | 77 | 23 | 3,85 | 1,15 |
| 3.0:1 | 75 | 25 | 3,75 | 1,25 |
| 4.0:1 | 62 | 38 | 3,1 | 1,9 |
| 5:01 | 55 | 45 | 2,75 | 2,25 |
| 6:01 | 49 | 51 | 2,45 | 2,55 |
| 7:01 | 44 | 56 | 2,2 | 2,8 |
| 8:01 | 39 | 61 | 1,95 | 3,05 |
| 9:01 | 36 | 64 | 1,8 | 3,2 |
| 10:01 | 33 | 67 | 1,65 | 3,35 |

Elaborado por: (Hamtennas, 2013)

2.10. Modelo de propagación

Los llamados modelos de propagación sirven para poder predecir todas las pérdidas de potencia medidas en decibelios en un determinado ambiente. Por lo general están basados en métodos probabilísticos. Dichos métodos nos sirven de ayuda para determinar si la señal que se va a propagar cubre o no la zona que se desea.

Pereira Guzmán (2012) dice que un modelo de propagación es una ecuación, la cual describe cómo se comporta una señal de radio y

cómo ésta se propaga en un medio. Dicho modelo de propagación depende de la frecuencia y pueden ser analíticos o empíricos.

2.10.1. Modelos analíticos

Un modelo analítico se destaca por ser el más exacto en sus cálculos, éste modelo implica que se debe tener mucho conocimiento del lugar en que se realice.

Estos de modelos de propagación resultan ser de mucha utilidad para las comunicaciones punto a punto. Comprenden analizar el desvanecimiento de las señales en distancias relativamente grandes y están basados en teoría de rayos.

2.10.2. Modelos empíricos

Los modelos analíticos se basan en mediciones empíricas y su forma de presentación se da en tablas y graficas que se obtienen a base de varias mediciones

Los métodos más usados son:

- Modelo de Friis
- Modelo de okumura
- Modelo de dos rayos

2.10.2.1. Modelo de Friis

Este método sirve para calcular la potencia que se recibe a cierta distancia en condiciones ideales, es decir sin obstrucciones de ninguna índole. El método de Friis se deduce de las ecuaciones de Maxwell.

$$L = 32.44 + 20 \log_{10} r + 20 \log_{10} f$$

Donde:

L: Pérdidas por trayectoria medidas en dB

f: Frecuencia en MHz

d: Distancia medida en Kilómetros Km

2.10.2.2. Modelo de dos rayos

Este modelo está basado en la óptica geométrica, toma en cuenta la altura de la antena transmisora y la altura de la antena receptora y es utilizado para conocer la reflexión de las señales en la superficie de la tierra.

Su ecuación es la siguiente:

$$P_r = \frac{P_t G_r G_t h_r^2 h_t^2}{d^4}$$

En donde:

Pr: Potencia recibida medida en watts

Pt: Potencia transmitida medida en watts

Gr: Ganancia de la antena receptora

Gt: Ganancia de la antena transmisora

hr: Altura total de la antena de recepción

ht: Altura total de la antena de transmisión

d. Distancia, medida en Km

2.11. Elementos de una estación de radiodifusión sonora

“Los equipos transmisores y receptores son piezas importantes para intercambiar información entre uno o más usuarios dentro de un sistema de radiocomunicación.” (Torres Andrade & Oleas García, 2013)

2.11.1. Transmisor

Es un equipo electrónico el cual en conjunto con la antena es capaz de emitir ondas electromagnéticas las cuales contienen la información, son un ejemplo la telefonía móvil, la radio comercial o señales de TV. Son de mucha importancia también el modulador ya que aprovecha los voltajes proporcionales para controlar las variaciones de intensidad o frecuencia de la portadora y la antena la cual irradia una onda portadora ya modulada.

En una radio comercial de FM debe tenerse muy en cuenta la calidad de transmisión muy poco se debe tomar en cuenta el precio y tamaño del equipo.

2.11.2. Líneas de transmisión

Una línea de transmisión es un medio que acopla la energía de un transmisor o receptor con la antena y ésta a su vez acopla dicha energía con la atmósfera terrestre. Las líneas de transmisión pueden ser un cable coaxial o guías de onda.

Una guía de onda es un medio especial de línea de transmisión, consiste en un tubo metálico conductor por el cual se propaga energía electromagnética.

2.12. Sistema radiante

2.12.1. Antena

Las antenas son dispositivos muy importantes dentro de un sistema de radiocomunicación, pues reciben un flujo de energía directamente desde el transmisor por medio de la línea de

transmisión y se encarga de convertir toda esa energía de RF en un flujo de energía electromagnética.

Todas las antenas poseen un denominado principio de reciprocidad, el cual quiere decir que se mantendrá las mismas características

Entre los diferentes tipos de antenas tenemos:

2.12.1.1. Antenas Yagi

Las antenas Yagi, Ver **figura 9**, están compuestas de un arreglo de elementos conductores independientes. El agregar más elementos a la antena se obtiene mayor ganancia.



Figura 2. 9: *Antena Yagi*

Elaborado por: (NeoTeo, 2012)

Los elementos conductores de una antena yagi, están ubicados paralelos al irradiante, a una separación adecuada y deben tener una medida exacta.

Las antenas de este tipo deben contar con 3 tipos de elementos: director, irradiante y reflector. En la figura 10, se puede observar el lóbulo de radiación de una antena yagi.

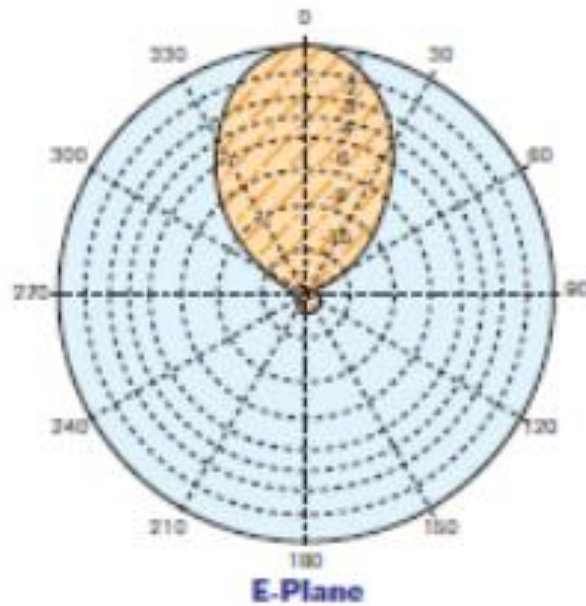


Figura 2. 10: *Lóbulo de propagación de una antena Yagi*

Elaborado por: (Pereira Guzmán, 2012)

2.12.1.2. Antenas de panel plano

Las antenas de panel plano se caracterizan por su direccionalidad ya sea en plano horizontal o vertical, es decir todo el flujo de energía radiante que propagan lo hacen en una sola dirección.

Este tipo de antenas admiten potencias altas de 2,5 kW y están caracterizadas por alcanzar ganancias mayores a 10 dBd.

Su propagación es direccional, pero se puede diseñar un array de antenas configuradas alrededor de un mástil para lograr preparar la señal en forma omnidireccional. Ver figura 11.



Figura 2. 11: *Array de antenas de panel plano*

Elaborado por: (Ramos, 2014)

2.12.1.3. Antenas Dipolo

En este tipo de antenas se tienen las Dipolo en V, las cuales su patrón de radiación es omnidireccional y se caracterizan por usar polarización circular y están específicamente diseñadas para su uso en radiodifusión FM.

Los dipolos en V trabajan a potencias altas, y pueden diseñarse arrays para mejorar la ganancia en determinada dirección. Por el contrario su ancho de banda está limitado a unos 5 MHz.

Existen también las antenas dipolo de alta potencia, las cuales poseen características muy similares a las de dipolo en V, su patrón de radiación es omnidireccional.



Figura 2. 12: *Array de antenas dipolo en V*

Elaborado por: (Ramos, 2014)



Figura 2. 13: *Array de antenas dipolo alta potencia*
Elaborado por: (Ramos, 2014)

2.12.2. Configuración del sistema radiante

Un sistema radiante comprende una configuración o un arreglo de antenas las cuales se utilizan para la transmisión de las señales. Este sistema tendrá un patrón específico de radiación y estará orientado para irradiar algún sector determinado.



Figura 2. 14: *Sistema radiante (Array de antenas)*

Elaborado por: (Academia Madrid, 2014)

2.12.3. Equipos y dispositivos del control máster y estudios de producción

Comprende todos los equipos que se encuentren en la estación matriz o los estudios de grabación tales como consolas de audio, compresores de audio, micrófonos, altavoces, etc.

2.13. Recomendaciones ITU-R para radiodifusión

Las recomendaciones ITU-R son un conjunto de normas técnicas internacionales las cuales han sido desarrolladas por el Sector de las Radiocomunicaciones de la ITU. Al elaborar estas normas se pretende hacer un uso eficaz del espectro, lograr una buena gestión de él.

Estas normas se aprueban y se ejercen una vez que hayan sido aprobadas mediante consenso por los estados miembros de la ITU.

Cabe recalcar que la aplicación de estas recomendaciones no son de uso obligatorio, pero al ser desarrolladas por administradores y operadores expertos en el área de las radiocomunicaciones, éstas son puestas en práctica a nivel mundial.

Las recomendaciones ITU-R se identifican con una serie al inicio, BS para radiodifusión sonora, P para propagación de ondas electromagnéticas.

2.13.1. Recomendación ITU-R P. 1546

Esta recomendación comprende un conjunto de métodos de predicción de la propagación de las señales radioeléctricas de un punto a una zona para servicios terrenales en el rango de frecuencias de 30 a 3000 MHz.

Unión Internacional de Telecomunicaciones (2013), busca llevar en práctica este método en aquellos sistemas radioeléctricos troposféricos en trayectorias marítimas, terrestres o mixtas entre 1 – 1000 Km de longitud, para alturas de antenas de transmisión menores a 3000 m.

Esta recomendación pretende dar las pautas necesarias en cuanto a distancias geográficas mínimas entre estaciones transmisoras que se encuentren trabajando en canales con la misma frecuencia o en canales adyacentes con la finalidad de evitar interferencias.

2.13.2. Recomendación ITU-R P.1812

Unión Internacional de Telecomunicaciones (2015), describe un método de predicción de la propagación específico del trayecto para servicios terrenales punto a zona en las bandas de ondas métricas y decimétricas.

Este método permite predecir el nivel de señal o intensidad de campo eléctrico que es rebasado durante un porcentaje dado, p% de un año medio. Siendo así que este método pueda predecir también la zona de servicio y el nivel de disponibilidad del mismo para el nivel de cobertura que se desea, así como también la reducción de la zona y de la disponibilidad causada por las señales indeseadas o interferencias cocanal o canal adyacente.

El método que describe esta recomendación es propicio para llevar a cabo predicciones en sistemas de radiocomunicación que utilizan circuitos terrenales con trayectorias que van desde los 0,25 Km hasta unos 3000 Km de distancia, con ambos sistemas radiantes a una altura hasta unos 3 Km sobre el nivel del suelo. Dicho método pretende que se aplique primordialmente en los sistemas que utilicen antenas de baja ganancia.

2.14. Funcionamiento de una estación de radiodifusión sonora

Una estación de radiodifusión sonora genera su programación en su estudio, el cual se ubica dentro del perímetro urbano, y se envía al transmisor mediante un enlace auxiliar, el cual puede ser físico o radioeléctrico.

En la **figura 2.15** se muestra un esquema de un enlace auxiliar físico cuyo medio de transmisión entre las estaciones puede ser Fibra óptica.

Como podemos observar, se transmite a través del arreglo del sistema radiante en la frecuencia del dial, que es la cual sintonizan los oyentes.

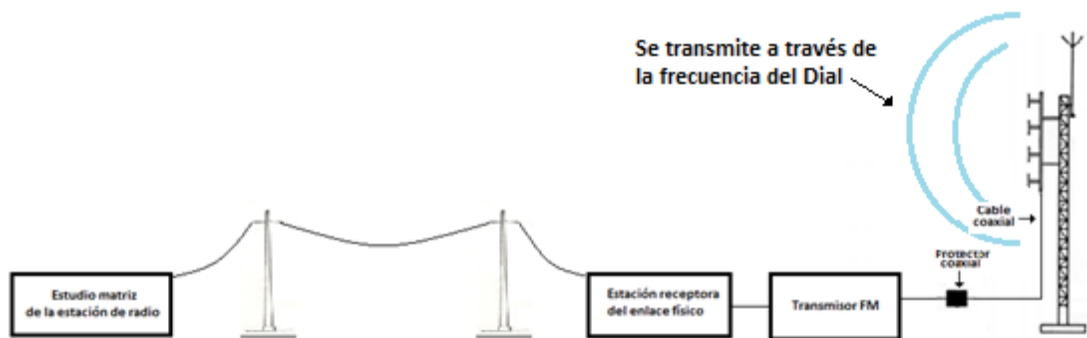


Figura 2. 15: *Esquema de un enlace auxiliar físico entre las estaciones de una radio*

Elaborado por: Autor

En la **figura 2.16** podemos observar un enlace radioeléctrico que va desde el estudio matriz hasta un receptor del enlace, para posteriormente pasar al transmisor e irradiar la señal de origen.

Aquí se usan 2 frecuencias, una para el radioenlace y la otra que es la frecuencia del Dial.

Según el Plan Nacional de frecuencias se han propuesto bandas para enlaces auxiliares destinados al servicio de FM los cuales son:

- 222 - 243 MHz
- 246 – 248 MHz
- 417.5 – 430 MHz
- 1670 – 1690 MHz

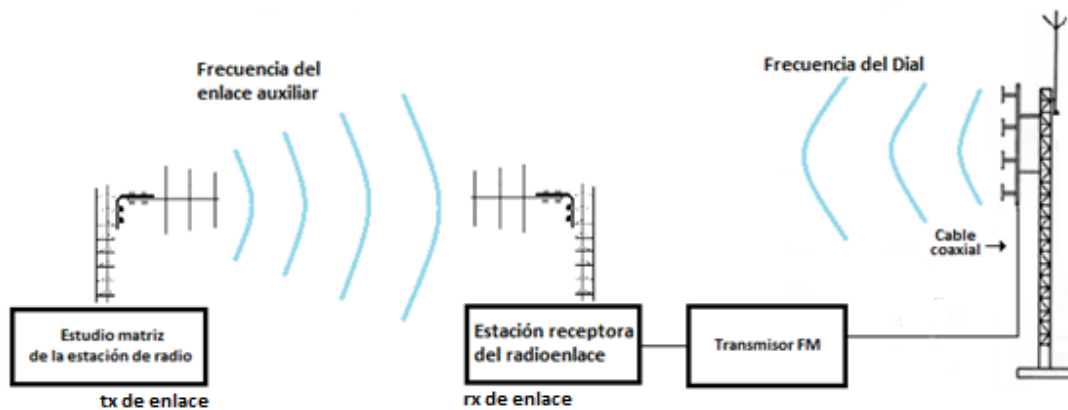


Figura 2. 16: *Esquema de un enlace auxiliar radioeléctrico entre las estaciones de una radio*

Elaborado por: Autor

2.15. Principales averías del servicio de radiodifusión sonora analógica en FM

Según Ramírez Luz (2015) entre los principales fallos que se pueden presentar en una estación de radio son los siguientes:

- Falta de red eléctrica
- La potencia reflejada es excesiva
- La potencia de salida es muy baja
- Se presentan fallos en la etapa receptora

Ante estos inconvenientes se proponen estos tipos de mejoras:

- Cambiar la ubicación de los equipos en centros precarios.
- Tener equipos de reserva que se encuentren localizados en las estaciones emisoras más críticas

CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN TÉCNICA

La Junta Parroquial de El Laurel tiene como uno de sus objetivos el implementar una estación de radiodifusión sonora en FM de carácter comunitario que sirva para el desarrollo de la comunidad así como también para impulsar la identidad cultural y el rescate de los valores.

Mediante este trabajo de titulación se pretende facilitar a las autoridades de la parroquia un estudio que se desarrolle conforme a los criterios de evaluación de información técnica expuesto en las bases del **Concurso público para adjudicación de frecuencias para el funcionamiento de medios de comunicación social privados y comunitarios de radiodifusión sonora y/o se de televisión de señal abierta** llevado a cabo por el ARCOTEL.

3.1. Requisitos técnicos para adjudicación de frecuencia

En el concurso que lleva a cabo el ARCOTEL para la adjudicación de frecuencias se exigen varios requisitos a los concesionarios, los cuales serán evaluados y calificados de la siguiente manera:

Tabla 3. 1: *Componentes que se califican a los aspirantes a una concesión de frecuencias*

| Componentes a valorar | Calificación |
|---|--------------|
| Contenido del Plan de Gestión de acuerdo con los formularios aprobados por la ARCOTEL. | 40 |
| Contenido del Plan de sostenibilidad Económica de acuerdo con los formularios aprobados por la ARCOTEL. | 40 |
| Contenido del Estudio Técnico de Ingeniería de acuerdo con los formularios aprobados por la ARCOTEL | 20 |

Elaborado por: (ARCOTEL, 2016)

Como se puede observar en la tabla 3.1 el contenido del estudio técnico debe cumplir con 20 puntos del total de la nota del concurso, en la siguiente tabla se detallarán todos los criterios técnicos que exige el ARCOTEL a los participantes.

Tabla 3. 2: *Criterios de evaluación de información técnica*

| Criterios de evaluación de información técnica | | |
|---|--|----------------|
| Item | Parámetros | Puntaje |
| Factibilidad técnica | Existe la viabilidad técnica para la implementación de la estación de radiodifusión sonora y cumple con lo establecido en los formularios técnicos y Normativa vigente | 12 |
| Consideraciones parámetros técnicos | Garantiza el área de cobertura a servir establecida en las bases del concurso. | 1 |
| | La orientación del sistema radiante es adecuada | 0.25 |
| | Lóbulo de radiación resultante del sistema radiante propuesto es el correcto. | 2 |
| | Presenta el cálculo de predicción de cobertura en función de la geografía del terreno del área a servir. | 2 |
| | El cálculo de la ganancia del sistema radiante propuesto es correcto. | 0.5 |
| | La determinación de las pérdidas consideradas es correcta. | 0.25 |
| | El cálculo del PER es correcto | 0.25 |
| | Bandas de frecuencias propuestas para enlaces auxiliares | 0.25 |
| Medio de transmisión de enlace diferente a un radioeléctrico terrestre | Enlaces auxiliares que no utilicen enlaces radioeléctricos terrestres. | 1 |
| Para FM: RDS | Utilización del sistema avanzado RDS | 1 |

Elaborado por: (ARCOTEL, 2016)

3.2. Estudio de la ubicación

El estudio de producción o estación matriz estará ubicado en el centro urbano de la Parroquia El Laurel, en el edificio del Infocentro.

Para el análisis del comportamiento de las señales es necesario y muy importante conocer las coordenadas de los lugares donde se van a ubicar los elementos de la estación de radio.



Figura 3. 1: Edificio del Infocentro de El Laurel

Elaborado por: Autor

Tabla 3. 3: Coordenadas de la estación matriz

| Estudio | Latitud | Longitud | Altura |
|---|----------------|-----------------|---------------|
| Parroquia El Laurel – Cantón Daule | 01°47'04.50"S | 079°54'32.44"W | 9m |

Elaborado por: Autor

Los puertos de entrada de micrófono son de tipo XLR-hembra y estarán identificados como se muestra en la Figura.



Figura 3. 4: Puertos de entrada de los micrófonos

Elaborado por: Autor

Como se muestra en la Figura 3.5. La paleta de ecualización #1 controla los 2 canales de entrada de micrófono (1A – 1B) y la paleta de ecualización #2 controla los canales (2A – 2B).



Figura 3. 5: Ecualizadores de los 4 canales para micrófono

Elaborado por: Autor

Los canales 3 y 4 poseen entradas analógicas no balanceadas (LIN-1, LIN-2) los cuales utilizan puertos para conectores RCA, y también 2 entradas balanceadas (BAL-1, BAL-2) las cuales utilizan puertos para conectores DIN 5.



Figura 3. 6: Puertos de entrada de los canales 3 y 4 de la consola

Elaborado por: Autor

El siguiente canal, el número 5 es un canal digital que posee una interfaz USB para conectarse directamente con un PC, de esta manera se evita adaptar alguna tarjeta de sonido al ordenador, cuenta también con una entrada analógica no balanceada para conectar cualquier otro dispositivo pudiendo ser un reproductor de audio u otro PC.

En la parte posterior de la consola se cuenta con 2 puertos RJ-11 que pertenecen al canal 6, denominado canal de híbrido, éstos permiten la conexión de una línea telefónica estándar, el puerto LINE se conecta directamente a la línea telefónica convencional y en el puerto SET se procede a conectar el teléfono.

La consola posee también conectividad Bluetooth para llamadas telefónicas a celular, es el canal 6 de la consola quien se encarga de regular los niveles de ganancia de esta conectividad. Una de las

ventajas de esta consola es que ambas llamadas pueden estar en modalidad conferencia, es decir activas y al aire simultáneamente.



Figura 3. 7: Puertos de conexión de los canales 5 y 6 de la consola

Elaborado por: Autor

La consola de mezclas tiene salidas de monitoreo, cuenta con salidas para auriculares de estudio y control, así como también salidas para parlantes activos de monitoreo en estudio y control.



Figura 3. 8: Salidas de monitoreo

Elaborado por: Autor

Estas salidas son de tipo TRS hembra con nivel de línea de 0 dBu, tienen lógica de muting (silenciado), la cual evita los acoples de parlantes con micrófonos, es decir una vez que se abren los canales de los micrófonos, los parlantes de monitoreo se silencian.

Tabla 3. 4: *Equipos del estudio*

| | | | |
|--|---|---|---|
| <p>Consola de Audio Solidyne D612</p> |  | <p>Parlantes monitor JBL Control 2P</p> |  |
| <p>Módulo de Auriculares Solidyne StudioBox</p> |  | <p>Procesador/Generador de audio INOVONCS DAVID II</p> |  |
| <p>Auriculares AKG K52</p> |  | <p>Pedestales de mesa</p> |  |
| <p>Micrófonos Behringer C1</p> |  | <p>PC</p> |  |

Elaborado por: Autor

3.3.2. Equipos de enlace

Para establecer el radioenlace se utilizarán equipos de la marca RVR, el modelo PTRL-NV será el transmisor de enlace y el modelo RXRL-NV será el receptor del enlace.

Estos equipos pueden operar en las bandas de VHF y UHF en las frecuencias entre 200 MHz a 1100 MHz, con potencia de salida regulable entre 0,2 hasta 100 watts y frecuencia ajustable.

Las características principales de estos equipos son las siguientes:

Tabla 3. 5: *Características técnicas del equipo de transmisión de enlace*

| Tx de Enlace PTRL-NV | |
|--------------------------------------|----------------------------|
| Alimentación | 117 - 230 ± 50 - 60 Hz |
| Sistema de enfriamiento | Ventilación forzada |
| Rango de frec. de operación | 200 MHz a 1100 MHz |
| Potencia de Tx (salida) | Ajustable 0,2 W a 10 W |
| Impedancia de salida | 50 Ω |
| Impedancia de entrada de Audio, mono | 600 Ω, desbalanceada |
| Nivel de entrada de audio | -10 dB nominal para ±75kHz |
| Respuesta de frec. de audio | ±0,5 dB de 30Hz a 15 kHz |
| Conector de salida a RF | Coaxial Tipo N |
| Respuesta en amplitud MPX | ±0,5 dB de 30Hz a 15 kHz |
| Temperatura de operación optima | -10°C a 50°C |
| Humedad relativa | Hasta 90% no condensada |
| Distorsión armónica total, mono | <0,05% |

Elaborado por: Autor



Figura 3.9: *Transmisor de enlace PTRL-NV*

Elaborado por: Autor

Tabla 3. 6: *Características técnicas del equipo de recepción del enlace*

| Rx de Enlace RXRL-NV | |
|----------------------------------|---|
| Sensibilidad del receptor | 100 μ V antes de demodular y desenfatar |
| Selectividad del receptor | 70 dB con ancho de banda IF \pm 600kHz |
| Separación estéreo | 50 dB en la banda de 50Hz a 15kHz |
| Distorsión armónica total máxima | <0,2% |
| Impedancia de entrada | 50 Ω |
| Alimentación | 110-220 \pm 10% Vac. 50 - 60Hz |
| Sistema de enfriamiento | Ventilación Forzada |
| FM S/N | Mejor que -70 dB |
| Temperatura de operación óptima | -10°C - 50°C |
| Humedad relativa | Hasta 90% no condensada |

Elaborado por: Autor



Figura 3.10: *Receptor de enlace RXRL-NV*

Elaborado por: Autor

➤ Sistema radiante

Los equipos del enlace estarán conectados cada uno a una antena tipo yagi SCALA CA7-410 de 7 elementos de 10dB de ganancia (12,15 dBi), deberán trabajar en el rango de 406 a 420 MHz.

Su impedancia de alimentación de 50 Ω , ROE de 1.35:1, polarización vertical u horizontal, su máxima potencia de entrada 250W y con conector de entrada tipo N.

Los equipos del enlace estarán acoplados a las antenas por medio de una línea de transmisión coaxial de tipo HELIAX ANDREW LDF4 50A. La impedancia de la línea de tx es de 50Ω y atenuación típica de 4,96dB/100m a la frecuencia de 450 MHz con conectores tipo N.

3.3.3. Equipo de Transmisión

El equipo transmisor se ubicará en las mismas coordenadas del receptor del enlace, se utilizará un transmisor M&J MA-FM con potencia nominal de 100W.

La potencia con la que se trabajará será de 50 W, ya que con este nivel se podrá permanecer en la clasificación de Estación de FM de baja potencia.

A pesar de la buena ganancia del sistema radiante se tendrán muy en cuenta los niveles de pérdidas en la línea de transmisión, conectores y distribuidor de potencia.

El transmisor M&J MA-FM-100 opera en la banda de 87,5 MHz a 108 MHz, este equipo cuenta con un control de nivel de potencia de salida variable, el cual le permite variar la potencia de salida desde 10W hasta 150W con una eficiencia del 70%, el tipo de modulación es FM 220KF 8EHN acorde a los requerimientos según la FCC y la UIT; la relación S/N típica para 75kHz de desviación es superior a 75dB.

Este equipo tiene incorporado un sistema de protección contra sobrecargas, que podría ser ocasionado por un alto VSWR de antena (Relación de Onda Estacionaria), excesivas temperaturas y potencia de excitación realizado por un módulo de control interno dirigido por un microcontrolador.

La impedancia de salida es de 50Ω , los canales de entrada son de tipo XLR3 y RS232, las salidas son de tipo DIN 7/16, su consumo de energía eléctrica es reducido debido a su tecnología MOSFET.

Su sistema de enfriamiento es realizado por medio de ventilación forzada y su alimentación de energía es de $110\text{ Vac}\pm 10\%$ 50-60Hz.



Figura 3. 11: *Transmisor M&J MA-FM 100*

Elaborado por: Autor



Figura 3. 12: *Vista posterior Transmisor M&J MA-FM 100*

Elaborado por: Autor

➤ Sistema radiante

El sistema radiante estará compuesto por 2 antenas tipo Yagi de 3 elementos CTE ADR3 con patrón de radiación directivo que estarán conectadas a la salida del transmisor.

Estas antenas operan en la banda de FM (87,5 a 108 MHz) estarán polarizadas verticalmente.

Poseen una ganancia de 3,08dBd cada una, su impedancia de entrada es de 50Ω , conector de entrada tipo N, su máxima potencia de entrada es de 500W.



Figura 3. 13: *Antena Yagi 3 elementos CTE ADR3*

Elaborado por: Tomado de Datasheet de la Antena CTE ADR3

El transmisor y el arreglo de antenas estarán acoplados por una línea de transmisión de tipo HANSEN RF50 de $\frac{1}{2}$ " cuya impedancia es de 50Ω , atenuación típica de 2,17dB/100m a la frecuencia de 100 MHz.

En un extremo de la línea de transmisión usaremos un conector tipo N que irá conectado a la antena y en el otro extremo un conector tipo DIN 7/16 que irá conectado a la salida del transmisor



Figura 3. 14: *Línea de transmisión HANSEN RF 50 $\frac{1}{2}$ "*

Elaborado por: Tomado de Datasheet de la Línea de tx RF50 $\frac{1}{2}$ "

3.4. Diagrama de conexión de los equipos del estudio

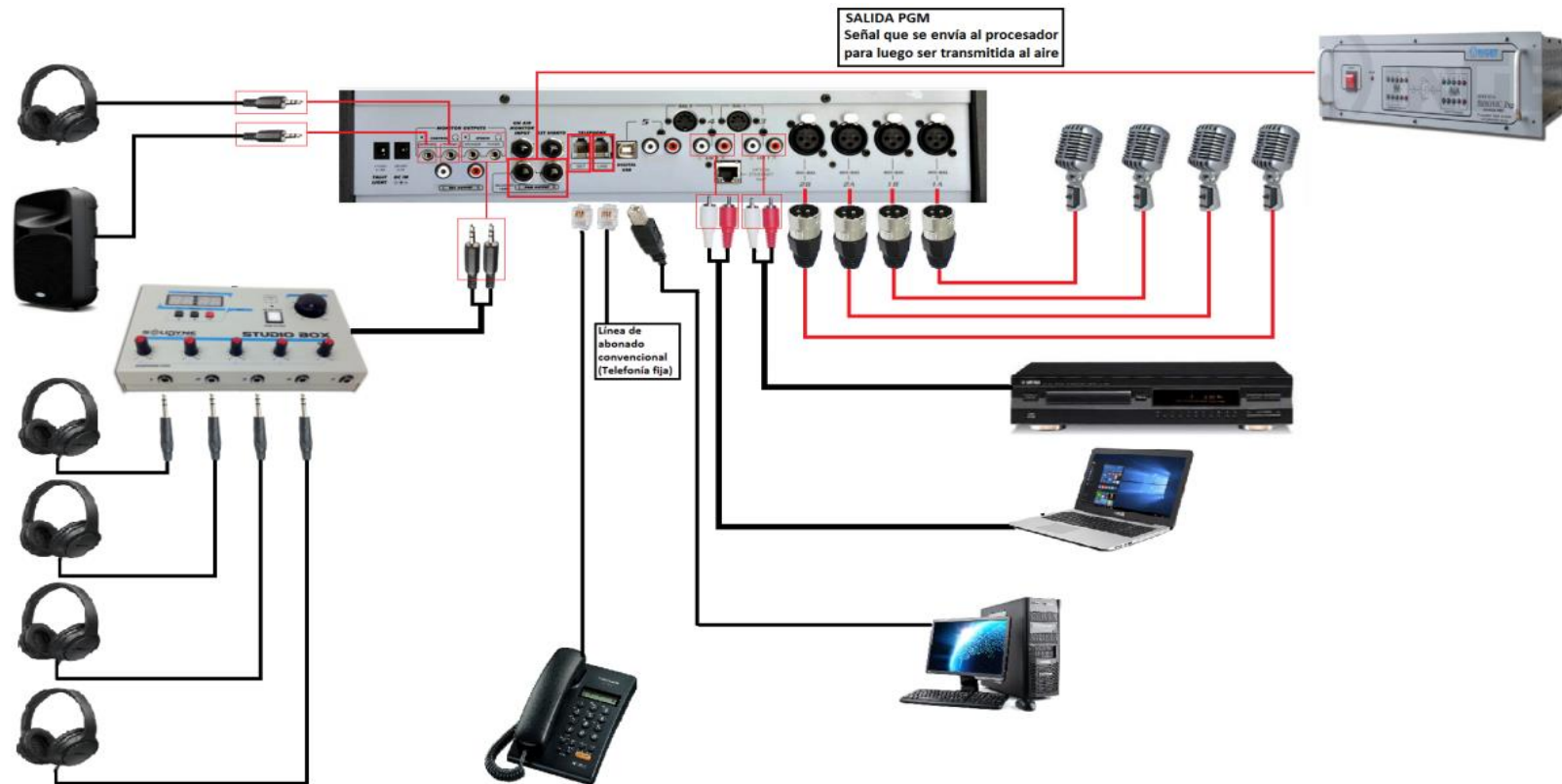


Figura 3. 15: Esquema de conexión de la radio

Elaborado por: Autor

Tabla 3. 7: Tipos de conectores

| TIPOS DE CONECTORES | | | |
|---|---------------------------------|--|----------------------|
|  | Conectores RCA |  | Conector DIN 7/16 |
|  | Conectores XLR3 |  | Conector Tipo N |
|  | Conector tipo DIN 5 pines |  | Conector USB a/b |
|  | Plug 3,5mm y 6,3mm |  | Conector RJ-11 |

Elaborado por: Autor

3.5. Diseño del estudio matriz



Figura 3. 16: *Plano del Estudio matriz realizado en Autocad.*

Planta alta del Infocentro Laurel

Elaborado por: Autor

3.6. Costos de implementación del proyecto

El proyecto consta de 3 etapas las cuales se pueden identificar de la siguiente manera:

- Estudio matriz
- Sistema de enlace
- Sistema de transmisión

3.6.1. Costos de los equipos del estudio matriz

Tabla 3. 8: *Tabla de precios de los equipos de la Estación matriz*

| Cantidad | Descripción | Marca | Modelo | Características | Precio Unitario | Precio Total |
|----------|-----------------------------------|-----------|------------|---|-----------------|--------------|
| 1 | Consola de audio | Solidyne | D612 | 8 Canales | \$ 700 | \$ 700 |
| 1 | Módulo para audífonos de estudio | Solidyne | Studio Box | 5 canales de salida para audífonos | \$ 170 | \$ 170 |
| 5 | Micrófonos Dinámicos | Behringer | C-1 | | \$ 65 | \$ 325 |
| 5 | Audífonos | AKG | K52 | | \$ 65 | \$ 325 |
| 2 | PC | Clon | | 1 Para control de estudio. 1 Para edición | \$ 500 | \$ 1.000 |
| 4 | Parlantes monitor | JBL | Control 2P | 2 Para Control y 2 para estudio | \$349 el par | \$ 698 |
| 5 | Pedestales de mesa para Micrófono | N/D | N/D | | \$ 15 | \$ 75 |
| 1 | Teléfono | N/D | N/D | | \$ 15 | \$ 15 |
| 1 | Procesador de audio | INOVONICS | DAVID II | | \$1400 | \$1.400 |
| | Cables y conectores | | | Conectores XLR – macho | \$ 80 | \$ 80 |
| | | | | Conectores RCA | | |
| | | | | Conectores Plug 6.3mm Stereo. | | |
| | | | | Conectores Plug 3.5mm Stereo. | | |

| Cantidad | Descripción | Marca | Modelo | Características | Precio Unitario | Precio Total |
|---|--|-------|--------|-----------------|-----------------|----------------|
| | Instalación de equipos, instalación de software para Radio en a PC de control de estudio, calibración. | | | | | \$ 1.100 |
| Valor total de equipos del estudio | | | | | | \$5.880 |

Elaborado por: Autor

Mediante la tabla anterior se han determinado los precios de los equipos del estudio matriz, los cuales han sido previamente cotizados. Consta también el costo por el montaje y conexión de los equipos incluyendo los costos por configuración de las computadoras donde se instalará softwares para radio y para edición de sonido.

3.6.2. Costos de equipos del enlace

Tabla 3. 9: *Costos del sistema del enlace auxiliar*

| Cantidad | Especificaciones | Valor Unitario | Valor total |
|---|---|----------------|-----------------|
| 1 | Equipos de Tx y Rx de enlace marca RVR modelos PTRLNV y RXRLNV en la banda de 200 a 900 MHz | \$ 2500 | \$ 2.500 |
| 1 | Antenas Yagi SCALA CA7-410 de 7 elementos con una ganancia de 10dB de polarización vertical con frec. de operación de 200 a 900MHz. | \$ 87 | \$ 174 |
| 35mts | Línea de Tx Cable Heliac LDF4 50A de 1/2" | \$15 | \$ 525 |
| 1 | Conectores tipo N para cable de 1/2" | \$ 60 | \$ 60 |
| | Instalación de equipos , mano de obra, mediciones, calibración | | \$1.500 |
| Valor total de equipos de enlace | | | \$ 4.759 |

Elaborado por: Autor

Mediante la tabla 3.9 se han determinado los costos de la etapa del sistema de enlace en la cual se detallan los precios de equipos, conectores y cables, Constan los costos por instalación y mano de obra los cuales incluyen las mediciones necesarias para garantizar que el enlace se encuentre en óptimas condiciones.

3.6.3. Costos del sistema de transmisión

Tabla 3. 10: *Costos del sistema de transmisión*

| Cantidad | Especificación | Precio unitario | Total |
|---|---|-----------------|-----------------|
| 1 | Equipo Transmisor de fabricación nacional Marca M&J MA-FM 100 | \$ 2.600 | \$ 2.600 |
| | Sistema radiante para FM: <ul style="list-style-type: none"> • 2 Antenas Yagi 3 elementos de polarización vertical con 10% de polarización horizontal. • 2 arneses para cable • Herrajes | \$ 2500 | \$ 2.500 |
| 27 mts | Línea de tx Coaxial tipo HANSEN RF50 de ½" | \$ 30 | \$810 |
| 1 | Conectores de tipo N para cable coaxial de 1/2" | \$ 50 | \$ 50 |
| 1 | Kit de accesorios para cable | \$ 520 | \$ 520 |
| 1 | Mano de obra, instalación del sistema, dirección técnica y analizar los niveles de distorsión | \$ 1.500 | \$1.500 |
| Valor total del sistema de transmisión | | | \$ 7.200 |

Elaborado por: Autor

En la tabla 3.10 se detallan los valores del sistema de transmisión, los cuales han sido previamente cotizados y denota ser una de las etapas en la que se requiere mayor inversión.

Dentro de esta etapa es muy importante realizar las mediciones necesarias para garantizar que el servicio se propague de la mejor manera y no se vea afectado por algún tipo de interferencia.

Tabla 3. 11: *Costos del proyecto*

| Especificación | Valor Total |
|---|--------------------|
| Costos de equipos y montaje del estudio | \$ 5.880 |
| Equipos de enlace y costos de instalación | \$ 4.759 |
| Equipos de transmisión y costos de instalación | \$ 7.200 |
| Valor total | \$ 17.839 |

Elaborado por: Autor

3.6.4. Costos de tarifa mensual del espectro y derechos de otorgamiento de frecuencia

Para determinar estos valores se ha usado el apoyo de un simulador de concesiones disponible en la web de la ARCOTEL, es indispensable determinar el tipo de servicio, en este caso “Radio FM” y la/las zonas/as de cobertura del mismo.

Es necesario realizar un estudio más profundo acerca de los ingresos por año conforme a una radio comunitaria, pues con relación a esto se fijan las tarifas mensuales por uso del espectro radioeléctrico y el pago anual por derecho de concesión.

A continuación se detallarán los valores aproximados que se tendrían que pagar al ARCOTEL por los derechos de concesión y uso de espectro.

- **Tipo de servicio:** Radio FM
- **Zona de cobertura:** Daule
- **Ingresos anuales:** \$2500
- **Tarifa mensual por uso de espectro:** \$8,21
- **Derechos de otorgamiento:** \$ 1038,71

3.7. Simulaciones y valores de parámetros

La estación Radio Laurel, enviará toda su programación al transmisor por medio de un radioenlace, la frecuencia se la solicitará también dentro del concurso, de acuerdo al Plan Nacional de Frecuencias en donde se detallan las bandas disponibles para la operación de enlaces auxiliares.

Se establecerá un radioenlace simplex de una distancia de 420m desde el estudio, que estará ubicado en el centro de la zona urbana de la parroquia, hacia el receptor del enlace el cual estará ubicado en la caseta de la torre de la casa parroquial, en la banda 417.5 – 430 MHz.

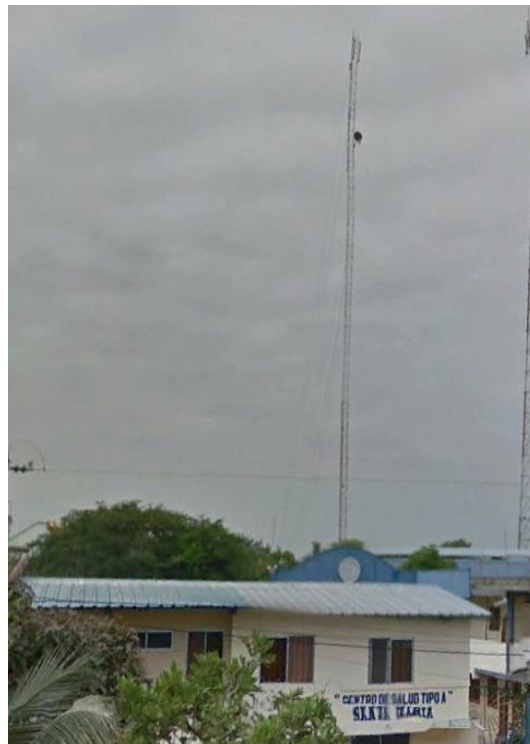


Figura 3. 17: Torre donde se ubicarán las antenas para recepción del enlace y la transmisión

Elaborado por: Autor

Tabla 3. 12: *Coordenadas del enlace auxiliar*

| TX de Enlace | | RX de Enlace | |
|-------------------|---------------|-------------------|---------------|
| Latitud | 1°47'4.59"S | Latitud | 1°47'13.11"S |
| Longitud | 79°54'32.41"O | Longitud | 79°54'21.79"O |
| Altura snm | 9m | Altura snm | 8m |

Elaborado por: Autor



Figura 3. 18. *Simulación radioenlace Estación matriz – Torre Estación Junta Parroquial*

Elaborado por: Autor

Tabla 3. 13: *Tabla Datos geográficos del enlace*

| Datos geográficos del enlace | |
|------------------------------|---------|
| Distancia | 0,42 km |
| Acimut | 128,92° |
| Angulo de inclinación | 0,195° |

Elaborado por: Autor

Para la implementación del radioenlace se participará también por una frecuencia para enlaces auxiliares la cual esta en el rango de 417,5 – 430 MHz.

La potencia de transmisión con la que trabajará el sistema es de 0,5 W. La antena de transmisión del enlace estará ubicada a 12m sobre el nivel del suelo, mientras que la antena de recepción del enlace estará ubicada a 15m sobre el nivel del suelo.

Ambas antenas tanto de transmisión como de recepción de enlace son de tipo Yagi modelo SCALA/CA7-410 con una ganancia de 12,5dBi, la modalidad será simplex, se trabajará con un ancho de banda de 200 kHz con el tipo de modulación FM compuesta (MPX)

Las líneas de transmisión para la estación transmisora y receptora del enlace serán coaxiales de tipo Helix Andrew LDF4-50A.

En la parte de transmisión la longitud de la línea de transmisión será de 8m y en recepción será de 14m.

En la figura **3.19** y **3.20** se muestra el resultado de la simulación del radioenlace en la que se detallan los parámetros que intervienen dentro del sistema.

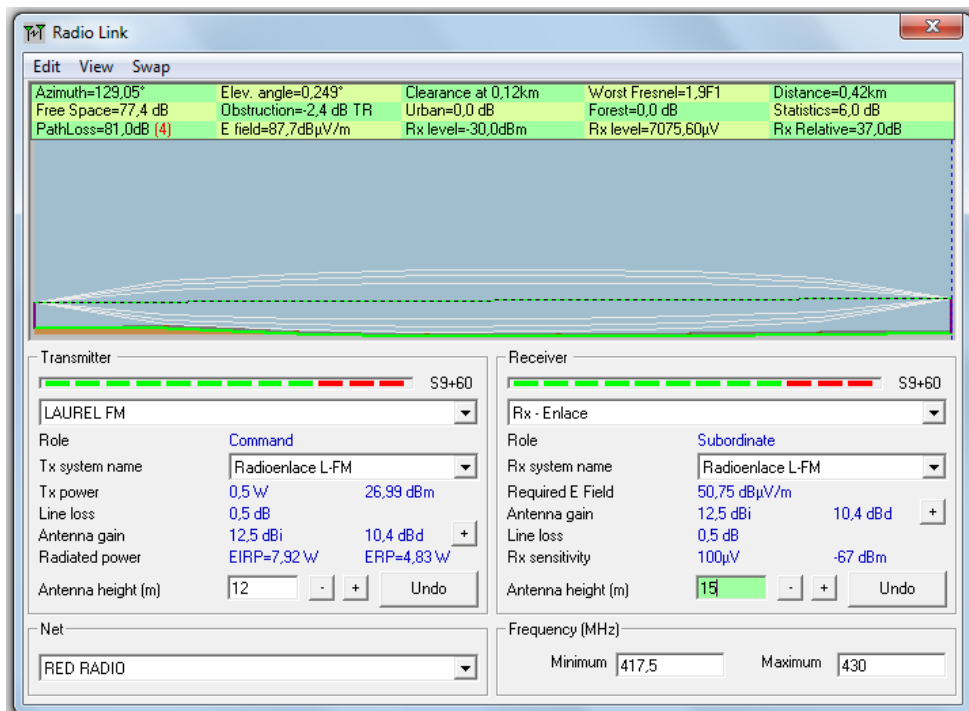


Figura 3. 19. Simulación radioenlace a través del software Radio Mobile

Elaborado por: Autor

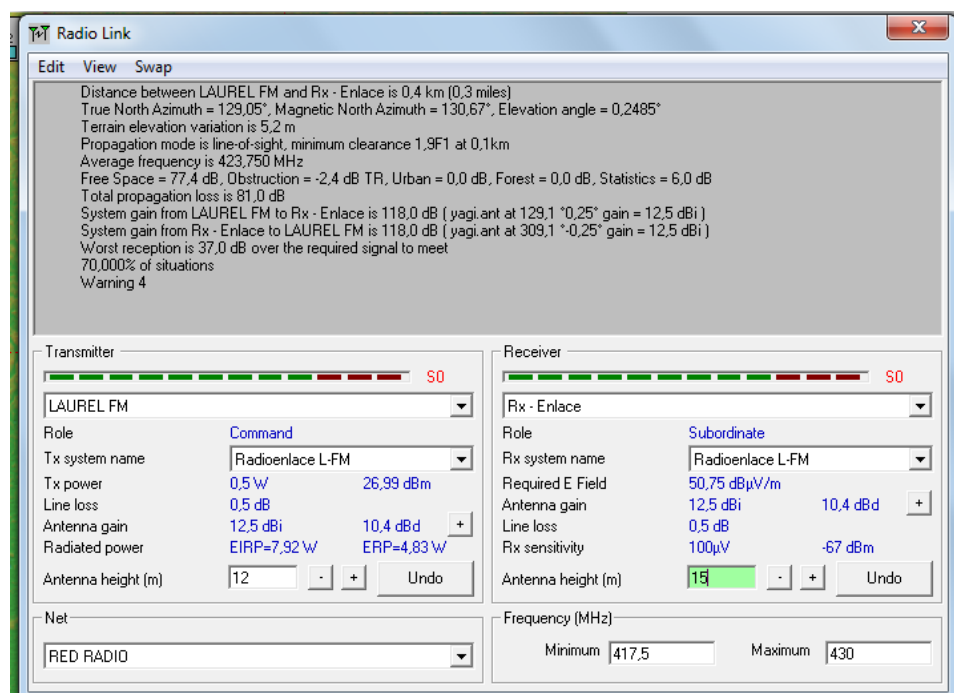


Figura 3. 20. Simulación radioenlace a través del software Radio Mobile –

Detalles de los parámetros de valores del enlace

Elaborado por: Autor

Tabla 3. 14: *Parámetros del sistema de radioenlace*

| | |
|-----------------------------------|------------------|
| Potencia de transmisión | 0,5W / 26,99 dBm |
| Ganancia de la antena transmisora | 12,5 dBi |
| Ganancia de la antena receptora | 12,5 dBi |
| Att. Linea de transmisión Tx | 1,5dB |
| Att. Linea de transmisión Rx | 1,5dB |
| Perdidas en el espacio libre | 77,4dB |
| Potencia de recepción: 7075,60uV | -30,0 dBm |
| Umbral de recepción 100uV | -67 dBm |

Elaborado por: Autor

En la figura 3.20 se puede observar con mayores detalles los resultados de la simulación donde el valor de la potencia de recepción conforme a la sensibilidad del receptor lo hace un enlace confiable, la frecuencia promedio es 423,75 MHz, con este valor podemos calcular las pérdidas en el espacio libre, de la siguiente manera:

➤ **Cálculo de la pérdida en espacio libre**

$$L_{bf} \text{ (dB)} = 32,4 + 20\log(f) + 20\log(d)$$

$$L_{bf} \text{ (dB)} = 32,4 + 20\log(423,75) + 20\log(0,42)$$

$$L_{bf} \text{ (dB)} = 77,40\text{dB}$$

➤ **Cálculo teórico del PER considerando máximas pérdidas**

$$PER \text{ (Kw)} = P_t * 10^{\left(\frac{G(\text{dBd}) - \text{Pérdidas (dB)}}{10}\right)}$$

$$PER \text{ (Kw)} = 0,0005 * 10^{\left(\frac{10,4 - 1,5}{10}\right)}$$

$$PER \text{ (Kw)} = 0,00388 \text{ Kw}$$

$$PER \text{ (Kw)} = 3,88 \text{ W}$$

➤ **Cálculo teórico del PER considerando mínimas pérdidas**

$$\text{PER (Kw)} = P_t * 10^{\frac{G(\text{dBd}) - \text{Pérdidas (dB)}}{10}}$$

$$\text{PER (Kw)} = 0,0005 * 10^{\left(\frac{10,4 - 0,5}{10}\right)}$$

$$\text{PER (Kw)} = 0,00488 \text{ Kw}$$

$$\text{PER (Kw)} = 4,88 \text{ W}$$

En la figura **3.21** se puede observar la representación del lóbulo de radiación del arreglo de antenas conectadas a la salida del transmisor a una altura de 30m sobre el nivel del suelo y se especifican los valores de intensidad de campo eléctrico el cual es de 57dBuV/m en la cabecera urbana de la parroquia y de < 49 dBuV/m en la zona de protección.

Es preciso recalcar que el lóbulo de radiación es generado por un arreglo de 2 antenas Yagi, produciendo un lóbulo frontal cuyo alcance es aproximadamente 12 Km al Noreste de la cabecera parroquial y 2 lóbulos laterales con un alcance aproximado de 6Km cada uno.

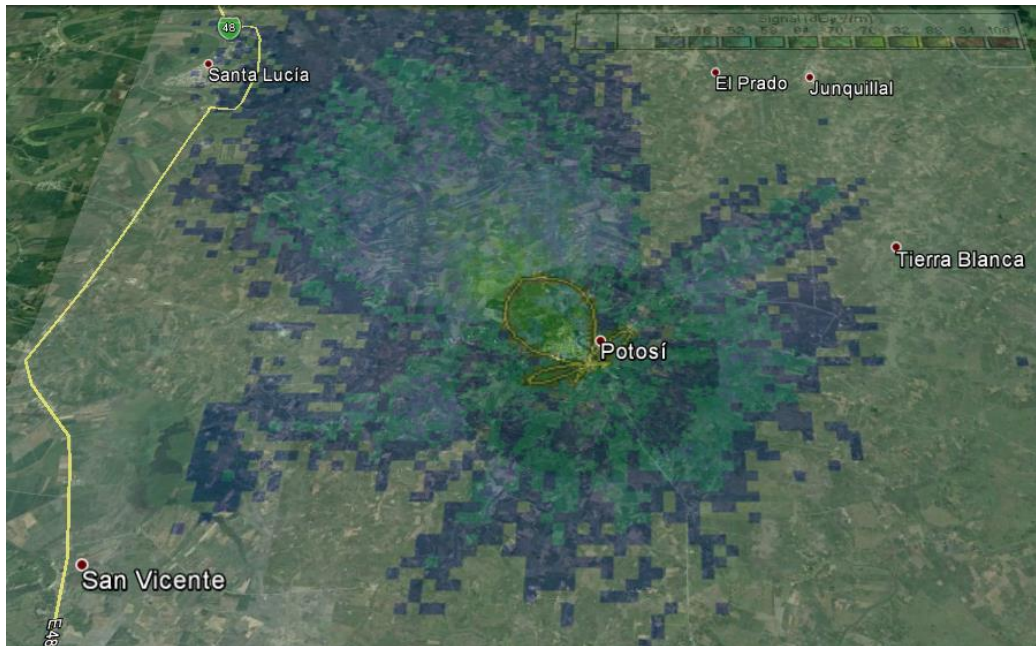


Figura 3. 21. Simulación lóbulo de radiación del arreglo de antenas de transmisión y valores de intensidad de campo eléctrico

Elaborado por: Autor

➤ **Ganancia del arreglo lineal**

$$G_T = G_A + 10 \log (A_T)$$

$$G_T = 6,09 + 10 \log (2)$$

$$G_T = 9,1 \text{ dB}$$

➤ **Cálculo del PER**

$$\text{PER (Kw)} = P_t * 10^{\left(\frac{G(\text{dBd}) - \text{Pérdidas (dB)}}{10} \right)}$$

$$\text{PER (Kw)} = 0,05 * 10^{\left(\frac{6,09 - 1,5}{10} \right)}$$

$$\text{PER (Kw)} = 0,144 \text{ Kw}$$

$$\text{PER (Kw)} = 144 \text{ W}$$

Mediante la ecuación anterior se ha determinado la Potencia efectiva radiada (PER) del sistema de transmisión en el cual se ha considerado con pérdidas máximas de 1,5dB y con una ganancia del arreglo de 9,1dB, dando como

resultado el valor de 144W, que es una potencia que permite a la Estación de El Laurel mantenerse en una clasificación de radio de baja potencia. Las radios de baja potencia, su PER no debe exceder de los 250 W.

Tabla 3. 15: *Parámetros del sistema de radioenlace*

| | |
|----------------------|------------------------------|
| Transmisor | 1°47'13.10"S - 79°54'21.77"O |
| Banda de frecuencia | 87.5 - 108 MHz |
| Potencia de tx | 50 W |
| Frec. del Dial | 94.1 |
| Línea de tx | HANSEN RF 50 1/2" |
| Longitud de la línea | 33m |
| Antena | Yagi CTE ADR3 |

Elaborado por: Autor

CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Dado por concluido mi tema de investigación y habiendo realizado múltiples simulaciones y pruebas con diferentes valores de parámetros puedo llegar a las siguientes conclusiones:

- Los valores para el establecimiento del enlace son los más óptimos.
La altura de las antenas permiten una línea de vista libre de obstrucciones y puesto que la distancia entre las estaciones que intervienen en el enlace es corta, el valor de la potencia la frecuencia de operación garantizan una buena operación del enlace permitiendo que la información que salga del estudio llegue con las mínimas pérdidas hacia el receptor del enlace.
- Al trabajar con los valores propuestos la estación de radio se mantendrá en una clasificación de baja potencia, por lo tanto es necesario procurar mantenerse dentro de los límites de operación el cual es mantener un PER por debajo de los 250 W y una ubicación de las antenas hasta 36m de altura. Esto permitirá que haya reutilización de frecuencia dando la oportunidad a otro concesionario operar con la misma frecuencia de dial en otro cantón de la misma provincia.
- Con todos los argumentos expuestos en el capítulo 3 este proyecto cumple en gran parte con todos los criterios de evaluación técnica que exige el ARCOTEL dentro del concurso de adjudicación de frecuencias, puesto que se garantiza la cobertura de la zona, se ilustra el lóbulo de radiación del sistema radiante y

su orientación así como también el valor del PER y la intensidad de campo eléctrico.

- Mediante los equipos propuestos en este proyecto la estación de radio “LAUREL FM” podría aumentar su cobertura, pues bastaría con aumentar la potencia del transmisor, pero se tendría que tener muy en cuenta el valor del PER para no exceder de lo normado (250W) y mantenerse en la clasificación de radio comunitaria local en FM de baja potencia.
- Para evitar cualquier tipo de dificultad en la implementación es muy importante realizar mediciones del espectro con un analizador de frecuencia así de esta manera verificamos que nuestra señal no esté propensa a interferencias y degradaciones.
- La implementación de este estudio sería una gran ayuda a la comunidad de la Parroquia El Laurel, puesto por medio de ella se impulsaría no solo ámbitos de educación, información y convivir comunitario sino también para el desarrollo de las principales actividades de producción.

4.2. Recomendaciones

- Para el despliegue de una estación de radiodifusión de cualquier tipo es muy necesario conocer y tener en cuenta los requerimientos legales que exige el Estado.
- Es necesario revisar las características de los equipos una vez que se los haya adquirido puesto que para la implementación deberán cumplir con todos los requisitos y parámetros calculados en el estudio que se ha realizado.

- Es necesario programar planes de seguridad y contingencia en los cuales obligatoriamente se deberán establecer cronogramas de visitas técnicas para que la integridad de los equipos no se vea afectada y tengan un óptimo funcionamiento.

- Realizar mantenimientos, limpieza y de ser necesario de cambio de equipos o conectores para mantener la estación de radio en buen funcionamiento y que la calidad de la señal no se vea afectada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Academia Madrid. (2014, junio 5). TECNOLOGÍAS DE LAS

TELECOMUNICACIONES. Recuperado el 18 de julio de 2016, a partir de

http://www.cartagena99.com/recursos/visor.php?idrec=1094&fich=alumnos/apuntes/Tema%202_Parametros%20antenas_V7.pdf

ARCOTEL. (2010). Resolución 072-04-2010 [Gobierno]. Recuperado el 29

de julio de 2016, a partir de [http://www.arcotel.gob.ec/wp-](http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/072_04_conatel_2010.pdf)

[content/uploads/downloads/2013/07/072_04_conatel_2010.pdf](http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/072_04_conatel_2010.pdf)

ARCOTEL. (2015). Clasificaciones de las estaciones de radiodifusión.

Recuperado el 8 de marzo de 2016, a partir de

http://controlenlinea.arcotel.gob.ec/wps/portal/informacion/informacion_tecnica/radiodifusion/

ARCOTEL. (2015). Información técnica de radiodifusión [ARCOTEL].

Recuperado el 29 de julio de 2016, a partir de

http://controlenlinea.arcotel.gob.ec/wps/portal/informacion/informacion_tecnica/radiodifusion/

ARCOTEL. (2015). NORMA TÉCNICA PARA EL SERVICIO DE

RADIODIFUSIÓN SONORA EN FRECUENCIA MODULADA

ANALÓGICA. Recuperado el 29 de mayo de 2016, a partir de

[http://www.arcotel.gob.ec/wp-](http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/NORMA-TECNICA.pdf)

[content/uploads/downloads/2015/04/NORMA-TECNICA.pdf](http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/NORMA-TECNICA.pdf)

ARCOTEL. (2016, Abril). CONCURSO PÚBLICO PARA LA ADJUDICACIÓN

DE FRECUENCIAS PARA EL FUNCIONAMIENTO DE MEDIOS DE

COMUNICACIÓN SOCIAL PRIVADOS Y COMUNITARIOS DE
RADIODIFUSIÓN SONORA Y/O DE TELEVISIÓN DE SEÑAL
ABIERTA. Recuperado el 20 de mayo de 2016, a partir de
<http://concursofrecuencias.arcotel.gob.ec/bases-archivos/>

Fabara Von Lippke, M., & Villalba Márquez, R. (2012). *ESTUDIO PARA LA
MIGRACIÓN DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES VHF
ANALÓGICO DE LA EMPRESA ELÉCTRICA QUITO A UN SISTEMA
DIGITAL*. Escuela Politécnica Nacional, Quito. Recuperado a partir de
<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5148/1/CD-4532.pdf>

Flickenger, R., Fonda, C., Forster, J., Howard, I., Krag, T., Zennaro, M., ...
Pietrosemoli, E. (2013). *Wireless Networking in the Developing World*
(4th ed.). Recuperado a partir de [http://wndw.net/pdf/wndw3-
es/wndw3-es-ebook.pdf](http://wndw.net/pdf/wndw3-es/wndw3-es-ebook.pdf)

Garza García, F. (2010). *PANORAMA DE LAS RADIOS COMUNITARIAS
EN MÉXICO UNA ALTERNATIVA DE COMUNICACIÓN*. Universidad
Auntónoma de Nuevo León, México. Recuperado a partir de
<http://eprints.uanl.mx/5654/1/1080194734%20%281%29.PDF>

Gómez Abajo, C. (2015, noviembre 11). La FM evita las interferencias del
WI-FI con el de los vecinos. Recuperado el 24 de junio de 2016, a
partir de [http://www.tendencias21.net/La-FM-evita-las-interferencias-
del-Wi-Fi-con-el-de-los-vecinos_a41479.html](http://www.tendencias21.net/La-FM-evita-las-interferencias-del-Wi-Fi-con-el-de-los-vecinos_a41479.html)

Gómez Abajo, C. (2016, junio 4). La UIT pone las bases para una regulación
justa de las telecomunicaciones. Recuperado el 16 de junio de 2016,

a partir de http://www.tendencias21.net/La-UIT-pone-las-bases-para-una-regulacion-justa-de-las-telecomunicaciones_a42373.html

Hamtennas. (2013). Relación de onda estacionaria. Recuperado el 14 de julio de 2016, a partir de http://hamtennas.com/docs/La_ROE.pdf

Henriquez, A. (2013). Modulación en amplitud, modulación en frecuencia, modulación en fase y modulación en angular. Ejemplos de aplicación. Recuperado el 27 de junio de 2016, a partir de <http://sltecnologia.wikispaces.com/La+Modulaci%C3%B3n>

Hernando Rábanos, J. M., Riera Solís, J. M., & Mendo Tomás, L. (2013). *Transmisión por radio*. Madrid: Editorial Universitaria Ramón Areces.

Hyperphysics. (2011). Clases de polarización de Ondas electromagnéticas. Recuperado el 25 de mayo de 2016, a partir de <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/phyopt/polclas.html>

NeoTeo. (2012, abril 29). Antenas Yagi [Tendencias de electrónica]. Recuperado el 20 de julio de 2016, a partir de <http://www.neoteo.com/antena-yagi>

Pereira Guzmán, J. (2012). *ESTANDARIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS TÉCNICOS DE OPERACIÓN DE LAS ESTACIONES DE RADIODIFUSIÓN FM CON COBERTURA EN LA PROVINCIA DE PICHINCHA*. Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí.

Pérez Vega, C., Zamanillo Sáinz de la Maza, J. M., & Casanueva López, A. (s/f). *Sistemas de Telecomunicaciones*. Recuperado a partir de <http://personales.unican.es/perezvr/pdf/Compilacion4.pdf>

- Ramírez Luz, R. (2015). *Sistemas de Radiocomunicaciones* (1a ed.).
Parraninfo. Recuperado a partir de
<https://books.google.com.ec/books?id=uNISCgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Ramos, F. (2014). *Antenas para Radiodifusión*. Recuperado el 20 de julio de 2016, a partir de <http://www.radioenlaces.es/articulos/antenas-para-radiodifusion/>
- Ruano Obando, R. (2011). *Estudio y diseño de una red inalámbrica para brindar el servicio de internet de banda ancha a 93 centros educativos fiscales del cantón Otavalo*. Escuela Politécnica Nacional.
Recuperado a partir de <http://biblioteca.epn.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=10547>
- Sagbay Sacaquirin, J., & Sánchez Sánchez, C. (2013). *ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LA ESTANDARIZACIÓN Y REGULACIÓN PARA LA MIGRACIÓN DEL SISTEMA DE RADIO ANALÓGICO AL DIGITAL EN EL ECUADOR*. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca.
Recuperado a partir de
<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5253/1/UPS-CT002755.pdf>.
- Tomasi, W., Mata Hernández, G., & González Pozo, V. (2003). *Sistemas de comunicaciones electronicas*. Naucalpan de Juárez: Pearson Educación.
- Torres Andrade, A. C., & Oleas García, J. P. (2013). *ESTUDIO TÉCNICO Y DISEÑO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN RADIAL*

AM DIGITAL PARA BRINDAR EL SERVICIO RADIAL CON COBERTURA PARA LA ZONA CENTRO DEL ECUADOR CON LA ESTACIÓN BASE EN EL CANTÓN GUANO. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, RIOBAMBA-ECUADOR.

Recuperado a partir de

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3242/1/98T00044.pdf>

Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2013). Recomendación ITU-R P. 1546. Recuperado a partir de https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.1546-5-201309-!!!PDF-S.pdf

Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2015). Recomendación ITU-R P.1812. Recuperado a partir de <https://www.itu.int/rec/R-REC-P.1812/es>



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **ALMEIDA RELICHE TERRY CÉSAR** con C.C: # 093041322-4 autor del Trabajo de Titulación: **ANÁLISIS DE VIABILIDAD TÉCNICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE RADIODIFUSIÓN SONORA COMUNITARIA EN FM PARA LA PARROQUIA “EL LAUREL” DEL CANTÓN DAULE PROVINCIA DEL GUAYAS** previo a la obtención del título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 13 de Septiembre de 2016

f. _____

Nombre: ALMEIDA RELICHE, TERRY CÉSAR

C.C: 093041322-4



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

| | | | |
|--|--|--|-----|
| TÍTULO Y SUBTÍTULO: | ANÁLISIS DE VIABILIDAD TÉCNICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE RADIODIFUSIÓN SONORA COMUNITARIA EN FM PARA LA PARROQUIA “EL LAUREL” DEL CANTÓN DAULE PROVINCIA DEL GUAYAS. | | |
| AUTOR(ES) | Terry César Almeida Reliche | | |
| REVISOR(ES)/TUTOR(ES) | Ruilova Aguirre María Luzmila | | |
| INSTITUCIÓN: | Universidad Católica de Santiago de Guayaquil | | |
| FACULTAD: | Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo | | |
| CARRERA: | Ingeniería en Telecomunicaciones | | |
| TITULO OBTENIDO: | Ingeniero en Telecomunicaciones | | |
| FECHA DE PUBLICACIÓN: | 13 de Septiembre de 2016 | No. DE PÁGINAS: | 102 |
| ÁREAS TEMÁTICAS: | Antenas, Propagación, Transmisión, Líneas de transmisión | | |
| PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS: | Modulación, Frecuencia Modulada, Radio Mobile, Radiodifusión, Radiocomunicación, Propagación. | | |
| RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras): | <p>En el capítulo 1 se analizarán las principales causas que afectan a la zona y se justificará cómo este proyecto ayudaría a reducir ese impacto negativo, se establecerán los objetivos y una metodología para poder alcanzarlos.</p> <p>En el capítulo 2 se abordarán temas tales como normativas internacionales y nacionales para radiodifusión sonora FM, comportamiento de las señales y fenómenos que las afectan, clasificación de frecuencias, elementos que intervienen en un enlace de radiocomunicaciones, cálculos de parámetros y se desarrollarán conceptos de principal importancia competentes a la radiodifusión.</p> <p>En el capítulo 3 se desarrollará principalmente el diseño del enlace auxiliar y el cálculo de la propagación del sistema radiante para la cobertura de la zona. Se detallarán los equipos con sus principales características técnicas y cómo estarán ubicados en el diseño de la radio. Se mostrarán simulaciones que muestran los diferentes parámetros técnicos por medio del software Radio Mobile.</p> <p>En el capítulo 4 se conforme a lo desarrollado se establecerán las principales conclusiones y recomendaciones</p> <p>Este trabajo de titulación tiene como finalidad el aportar con información técnica tales como parámetros y características de diseño, para que sean la base en la implementación de una estación de radiodifusión sonora en FM de baja potencia en la parroquia El Laurel.</p> | | |
| ADJUNTO PDF: | <input checked="" type="checkbox"/> SI | <input type="checkbox"/> NO | |
| CONTACTO CON AUTOR/ES: | Teléfono: 2250-250 | E-mail: terry.almeida@hotmail.com | |
| CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE | Nombre: Palacios Meléndez Edwin Fernando | | |
| | Teléfono: +593-9-68366762 | | |
| | E-mail: edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec | | |

| SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA | |
|---|--|
| Nº. DE REGISTRO (en base a datos): | |
| Nº. DE CLASIFICACIÓN: | |
| DIRECCIÓN URL (tesis en la web): | |