



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**PROPUESTA DE SISTEMA DE RADIODIFUSIÓN DE DATOS, RDS, COMO UNA SOLUCIÓN
TÉCNICA Y ECONÓMICAMENTE VIABLE PARA LA DETECCIÓN DE RADIODIFUSORAS
DE FM ILEGALES EN MIXCO, GUATEMALA**

Lester José de León Juárez

Asesorado por el Ing. Guillermo Antonio Puente Romero

Guatemala, abril de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE SISTEMA DE RADIODIFUSIÓN DE DATOS, RDS, COMO UNA SOLUCIÓN
TÉCNICA Y ECONÓMICAMENTE VIABLE PARA LA DETECCIÓN DE RADIODIFUSORAS
DE FM ILEGALES EN MIXCO, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LESTER JOSÉ DE LEÓN JUÁREZ

ASESORADO POR EL ING. GUILLERMO ANTONIO PUENTE ROMERO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO EN ELECTRÓNICA

GUATEMALA, ABRIL DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

| | |
|------------|--|
| DECANO | Ing. Angel Roberto Sic García |
| VOCAL I | |
| VOCAL II | Ing. Pablo Christian de León Rodríguez |
| VOCAL III | Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa |
| VOCAL IV | Br. Narda Lucía Pacay Barrientos |
| VOCAL V | Br. Walter Rafael Véliz Muñoz |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

| | |
|------------|--------------------------------------|
| DECANO | Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos |
| EXAMINADOR | Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar |
| EXAMINADOR | Ing. Romeo Nefalí López Orozco |
| EXAMINADOR | Ing. Byron Odilio Arrivillaga Méndez |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

PROPUESTA DE SISTEMA DE RADIODIFUSIÓN DE DATOS, RDS, COMO UNA SOLUCIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICAMENTE VIABLE PARA LA DETECCIÓN DE RADIODIFUSORAS DE FM ILEGALES EN MIXCO, GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 18 de marzo de 2014.

Lester José de León Juárez

Guatemala, 12 de febrero de 2015.

Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar
Coordinador de Área de Electrónica
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Ingeniero Guzmán:

Por este medio me permito dar aprobación al Trabajo de Graduación titulado: "PROPUESTA DE SISTEMA DE RADIODIFUSIÓN DE DATOS, RDS, COMO UNA SOLUCIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICAMENTE VIABLE PARA LA DETECCIÓN DE RADIODIFUSORAS DE FM ILEGALES EN MIXCO, GUATEMALA", desarrollado por el estudiante Lester José de León Juárez con carné No. 2007-14892, ya que considero que cumple con los requisitos establecidos, por lo que el autor y mi persona somos responsables del contenido y conclusiones del mismo.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarlo.

Atentamente,



Ing. Guillermo Antonio Puente Romero
ASESOR
Colegiado 5898

Guillermo A. Puente R.
INGENIERO ELECTRONICO
COL. # 5898



Ref. EIME 12 2015
Guatemala, 20 de febrero 2015.

Señor Director
Ing. Guillermo Antonio Puente Romero
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado: PROPUESTA DE SISTEMA DE RADIODIFUSIÓN DE DATOS, RDS, COMO UNA SOLUCIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICAMENTE VIABLE PARA LA DETECCIÓN DE RADIODIFUSORAS DE FM ILEGALES EN MIXCO, GUATEMALA, del estudiante, Lester José de León Juárez, que cumple con los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,
ID Y ENSEÑADA A TODOS

Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar
Coordinador Área Electrónica



S/O



REF. EIME 12. 2015.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; **LESTER JOSÉ DE LEÓN JUÁREZ** titulado: **PROPUESTA DE SISTEMA DE RADIODIFUSIÓN DE DATOS, RDS, COMO UNA SOLUCIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICAMENTE VIABLE PARA LA DETECCIÓN DE RADIODIFUSORAS DE FM ILEGALES EN MIXCO, GUATEMALA, procede a la autorización del mismo.**


Ing. Guillermo Antonio Puente Romero



GUATEMALA, 2 DE MARZO 2015.



DTG. 155 .2015

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **PROPUESTA DE SISTEMA DE RADIODIFUSIÓN DE DATOS, RDS, COMO UNA SOLUCIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICAMENTE VIABLE PARA LA DETECCIÓN DE RADIODIFUSORAS DE FM ILEGALES EN MIXCO, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Lester José de León Juárez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Angel Roberto Sic García
Decano

Guatemala, 14 de abril de 2015



/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por permitirme alcanzar una meta más en mi vida.
- Mis padres** Guillermo de León y Antonieta Juárez, gracias por ser fuente de amor, apoyo y motivación incondicional. Les estaré agradecido toda la vida.
- Mis hermanos** Gracias por ser una parte muy importante de mi vida.
- Mis abuelos, tíos y primos** Gracias por su cariño.
- Mi novia** Gaby Ramírez, por su amor y apoyo incondicional.
- Mis amigos** En especial a Julio Reyes, Alejandra García, Elmer Tzul, Daniel Camargo, Marvin Barrios y Oscar Guerra, por brindarme una valiosa amistad durante todos estos años.

AGRADECIMIENTOS A:

| | |
|---|---|
| Universidad de San Carlos de Guatemala | Por darme la oportunidad de luchar por alcanzar un sueño. |
| Facultad de Ingeniería | Por brindarme el conocimiento profesional y ético. |
| Ing. Guillermo Puente | Por su valiosa ayuda durante el desarrollo del área profesional y su asesoría durante la redacción del trabajo de graduación. |
| Mis compañeros de Universidad | Por ser un apoyo importante durante mi formación académica. |

INDICE GENERAL

| | |
|--|------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES..... | V |
| LISTADO DE SIMBOLOS..... | VII |
| GLOSARIO..... | IX |
| RESUMEN..... | XIII |
| OBJETIVOS..... | XV |
| INTRODUCCIÓN..... | XVII |
| | |
| 1. HISTORIA Y MARCO REGULATORIO DE LA RADIODIFUSIÓN EN GUATEMALA..... | 1 |
| 1.1. Breve sumario de eventos importantes relacionados con la radiodifusión..... | 1 |
| 1.2. Historia de la radiodifusión en Guatemala..... | 5 |
| 1.2.1. Primera etapa..... | 5 |
| 1.2.2. Segunda etapa..... | 7 |
| 1.2.3. Tercera etapa..... | 9 |
| 1.2.4. Cuarta etapa..... | 10 |
| 1.3. Radiodifusoras legales..... | 10 |
| 1.4. Radiodifusoras ilegales..... | 10 |
| 1.4.1. Surgimiento de las radiodifusoras ilegales..... | 11 |
| 1.5. Radiodifusoras comunitarias..... | 12 |
| 1.5.1. Diferencias entre una radiodifusora comunitaria, una radiodifusora ilegal y una radiodifusora comunitaria ilegal..... | 13 |
| | |
| 2. FUNDAMENTOS DEL SISTEMA DE RADIODIFUSIÓN DE DATOS.. | 15 |

| | | |
|--------|--|----|
| 2.1. | Historia RDS | 15 |
| 2.2. | Características RDS..... | 16 |
| 2.2.1. | Características primarias..... | 17 |
| 2.2.2. | Características secundarias | 18 |
| 2.3. | Tipos de RDS..... | 20 |
| 2.3.1. | RDS estático | 20 |
| 2.3.2. | RDS dinámico | 21 |
| 2.4. | Protocolo UECP..... | 22 |
| 2.4.1. | Características y funcionamiento UECP | 23 |
| 2.5. | Modulación de la señal RDS | 30 |
| 2.5.1. | Subportadora de frecuencia | 32 |
| 2.5.2. | Subportadora de fase..... | 32 |
| 2.5.3. | Nivel de la subportadora | 32 |
| 2.5.4. | Frecuencia de reloj y velocidad de transmisión..... | 33 |
| 2.6. | Transmisión de la señal RDS..... | 33 |
| 2.6.1. | Espectro y canal de datos | 35 |
| 2.6.2. | Capacidad máxima de transmisión | 36 |
| 2.7. | Demodulación de la señal RDS | 39 |
| 2.7.1. | Detección y corrección de errores..... | 42 |
| 2.7.2. | Estructura de banda base codificada | 42 |
| 2.7.3. | Orden de transmisión de los bits, protección contra errores e información de sincronización..... | 43 |
| 2.7.4. | Formato de mensaje y direccionamiento de grupo..... | 45 |
| 2.8. | Fiabilidad de recepción de la señal RDS | 47 |
| 2.8.1. | Tasa de error..... | 47 |
| 2.8.2. | Área de cobertura..... | 48 |

| | | |
|--------|--|----|
| 3. | MÉTODO CARTOGRÁFICO DE DETECCIÓN DE RADIODIFUSORAS ILEGALES | 51 |
| 3.1. | Ubicación geográfica del municipio de Mixco..... | 51 |
| 3.2. | Emisoras de FM legales con cobertura en el municipio de Mixco | 52 |
| 3.3. | Ubicación geográfica del centro de monitoreo estacionario | 55 |
| 3.4. | Rutas de monitoreo móvil..... | 56 |
| 4. | PROPUESTA DE UN SISTEMA DE DETECCIÓN DE RADIODIFUSORAS ILEGALES POR MEDIO DEL SISTEMA RDS ... | 59 |
| 4.1. | Método de detección | 59 |
| 4.2. | Sistema final de monitoreo estacionario..... | 62 |
| 4.2.1. | Monitoreo de emisoras de FM | 62 |
| 4.2.2. | Coordinación de las unidades móviles | 63 |
| 4.2.3. | Delimitación del rango de cobertura | 63 |
| 4.2.4. | Interacción con las autoridades | 64 |
| 4.3. | Sistema final de monitoreo móvil..... | 64 |
| 4.3.1. | Monitoreo móvil de las emisoras de FM | 65 |
| 4.3.2. | Búsqueda de límites de cobertura | 65 |
| 4.4. | Personal y equipo necesario para la implementación del sistema de monitoreo | 66 |
| 5. | ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO | 71 |
| 5.1. | Inversión a nivel económico | 71 |
| 5.2. | Análisis de factibilidad del sistema de monitoreo para una radiodifusora de FM..... | 75 |

CONCLUSIONES..... 79
RECOMENDACIONES81
BIBLIOGRAFÍA.....83

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | | |
|----|--|----|
| 1. | Espectro señal FM + RDS..... | 31 |
| 2. | Estructura datos RDS..... | 34 |
| 3. | Estructura banda base codificada | 43 |
| 4. | Mapa del municipio de Mixco | 52 |
| 5. | Ubicación centro de monitoreo estacionario | 56 |
| 6. | Ruta de monitoreo 1 | 57 |
| 7. | Ruta de monitoreo 2..... | 58 |
| 8. | Diagrama de flujo método de detección..... | 61 |

TABLAS

| | | |
|-------|--|----|
| I. | Códigos PTY usados en EE.UU..... | 19 |
| II. | Radiodifusoras de FM legales | 52 |
| III. | Personal necesario..... | 67 |
| IV. | Equipo necesario..... | 69 |
| V. | Inversión económica para la implementación del RDS | 72 |
| VI. | Inversión económica para la implementación del sistema de monitoreo | 73 |
| VII. | Planilla mensual | 73 |
| VIII. | Gastos de mantenimiento mensual | 74 |
| IX. | Balance económico mensual..... | 75 |
| X. | Tiempo necesario para la recuperación de la inversión | 75 |

LISTA DE SÍMBOLOS

| Símbolo | Significado |
|----------------------------|----------------------------|
| bps | Bit por segundo |
| cos | Coseno |
| δ | Delta |
| f | Frecuencia |
| o' " | Grados, minutos y segundos |
| Hz | Hertz |
| KHz | KiloHertz |
| \pm | Más o menos |
| Q | Quetzales |

GLOSARIO

| | |
|----------------------|--|
| AF | Contiene una lista de frecuencias alternativas a la frecuencia sintonizada. |
| Canal | Es el medio físico por medio del cual las señal son transmitidas. |
| Codificador | Es un circuito combinacional que representa una señal de entrada como un código binario. |
| Decodificador | Es un circuito combinacional que convierte un código binario de entrada en una señal. |
| DI | Es un decodificador de información que indica el modo de operación del receptor. |
| EBU | Unión Europea de Radiodifusores. Es la entidad encargada de la creación de nuevas leyes y estándares para la regulación de la radiodifusión. |
| ODA | Es una plataforma que permite la integración de nuevas características y funciones para RDS. |
| OSI | Interconexión de Sistemas Abiertos. Es un marco de referencia para la definición de arquitecturas en telecomunicaciones. |

| | |
|------------------|---|
| PI | Identificador de Programa. Es la característica de RDS que permite identificar la radiodifusora sintonizada. |
| Portadora | Es la señal que será modulada con la información. |
| PS | Servicio de Programa. Es una característica del RDS que permite identificar el programa que está siendo transmitido. |
| PTY | Tipo de Programa. Es un código binario que informa sobre la temática del programa escuchado. |
| RAM | Memoria de Acceso Aleatorio. En esta memoria se almacenan datos e instrucciones temporales. |
| RDS | Sistema de Radio de Datos, este sistema envía una señal de datos digitales dentro de la portadora de FM. |
| ROM | Memoria de Solo Lectura. En esta memoria se almacenan datos e instrucciones de forma permanente. |
| SIT | Superintendencia de Telecomunicaciones de Guatemala. Es la entidad encargada de la regulación de las telecomunicaciones en la República de Guatemala. |

| | |
|---------------------|---|
| Subportadora | Es un señal modulada que está contenida dentro de una portadora. |
| UECP | Protocolo Universal de Comunicaciones de Codificadores. |
| XRDS | Sistema de Radio de Datos Extendido. Este sistema aumenta la velocidad de transmisión de datos RDS. |

RESUMEN

En el presente trabajo de graduación se trataron los aspectos más importantes y determinantes, para la implementación de un sistema de detección de radiodifusoras ilegales por medio del sistema RDS.

En el primer capítulo se da a conocer la historia y evolución de la radiodifusión en Guatemala, desde la época de la telegrafía hasta la actualidad. En este capítulo también se presentan las diferencias existentes entre una radiodifusora ilegal y una radiodifusora comunitaria.

En el segundo capítulo se presentan las características y funcionalidades que rigen el funcionamiento del sistema RDS, también se presenta la forma de modular y demodular la señal de FM y la señal RDS dentro de una señal portadora.

En el tercer capítulo se da a conocer el método cartográfico utilizado para la detección de las radiodifusoras ilegales, también se plantean las ubicaciones geográficas de las estaciones de monitoreo estacionario y las rutas a utilizar para el monitoreo móvil.

En el cuarto capítulo se plantea el método de detección de las radios ilegales, el cual consiste en un flujo de comunicación entre la estación móvil y la estacionaria.

En el quinto capítulo se realiza un análisis económico, en este análisis se detalla la inversión inicial, los gastos de mantenimiento y la ganancia mensual.

OBJETIVOS

General

Desarrollar una propuesta que utilice el sistema de radiodifusión de datos (RDS) como una solución viable, tanto técnica como económica, para la detección efectiva de las radiodifusoras ilegales dentro del municipio de Mixco, Guatemala.

Específicos

1. Presentar la historia de la radiodifusión en Guatemala y su marco regulatorio.
2. Presentar los fundamentos del Sistema de Radiodifusión de Datos RDS.
3. Presentar el método cartográfico de detección de las radiodifusoras ilegales.
4. Formular una propuesta basada en el sistema RDS como el sistema de monitoreo de radios ilegales.
5. Realizar un análisis técnico económico de la implementación del sistema RDS.

INTRODUCCIÓN

En Guatemala, desde hace varios años se viene dando la problemática de las radiodifusoras ilegales, las cuales operan libremente sin haber pagado el derecho de utilizar la frecuencia por la cual transmiten su señal. Este fenómeno afecta tanto a la Superintendencia de Telecomunicaciones de Guatemala que deja de percibir dinero por concepto de alquiler o venta de una banda de frecuencia, como a las radiodifusoras legales a nivel de interferencia de su señal y al usuario, ya que veces la calidad de transmisión de una radiodifusora ilegal es de muy baja calidad.

El proceso de detección de una radiodifusora ilegal basa su funcionamiento en las características del Sistema de Radio de Datos (RDS). El proceso de detección se realiza a través del código binario que lleva la información del nombre de la emisora, este código es transformado a texto por el radiorreceptor y luego lo desplegará en la pantalla del mismo, con esto se puede verificar si la radiodifusora sintonizada se encuentra dentro de una lista de radiodifusoras que operan legalmente.

1. HISTORIA Y MARCO REGULATORIO DE LA RADIODIFUSIÓN EN GUATEMALA

La radiodifusión es un invento que revolucionó al mundo y Guatemala no fue la excepción, desde que apareció la primer radiodifusora en la República de Guatemala siempre ha sido un medio de comunicación masivo. La historia de la radiodifusión en Guatemala se puede dividir en 4 etapas en el transcurso de la historia.

El invento de la radiodifusión fue basado en inventos anteriores, tales como la telegrafía o la radiografía. A continuación se detallan los eventos más importantes que dieron origen a la radiodifusión.

1.1. Breve sumario de eventos importantes relacionados con la radiodifusión

Durante el siglo pasado ya era conocido un sistema de comunicación mediante hilos, conocido como telegrafía, este sistema tenía la desventaja de usar como medio de transmisión dos claves que enlazaban cada una de las estaciones. En 1833, Carl August von Steinheil mediante el uso de la tierra común consiguió eliminar un cable y dejar únicamente un cable para la transmisión. Este evento dio inicio a una serie de experimentos que utilizaban medios físicos, tales como el agua o la tierra, siendo el resultado de los mismos fallidos.

En el siglo XIX Faraday descubre que las ondas de radio pueden ser utilizadas como un medio para transmitir mensajes. Posteriormente Heinrich

Hertz demostró la validez de las teorías de transmisión y recepción de ondas electromagnéticas predichas anteriormente por Maxwell, mediante la variación de la capacitancia o inductancia de una antena transmisora, lo que se ve reflejado en el cambio de la frecuencia fundamental de sus ondas. Entre 1877 y 1888, Hertz puso en marcha una investigación sobre las perturbaciones generadas por descargas eléctricas oscilatorias, en uno de los experimentos de esta investigación Hertz utilizó corrientes oscilatorias en un dipolo transmisor y colocó otro dipolo receptor con unos reflectores cilíndricos detrás, con esto logró detectar las ondas de radio a unos 20 de su dipolo transmisor.

En 1890, Edouard Branly demostró que las limaduras de hierro sueltas, pierden su resistencia eléctrica cuando son sometidas a oscilaciones eléctricas externas y esto las convierte en conductores eléctricos. Oliver Lodge realizó experimentos para comprobar la teoría de Branly. En uno de estos experimentos colocó dentro de un tubo de vidrio limaduras de metal, cuando este tubo es sometido a corrientes oscilatorias externas se genera una fuerza electromotriz que hace que las limaduras se atraigan, es decir, se cohesionan, lo que genera que su resistencia eléctrica disminuya, Lodge denominó a este instrumento Coherer.

En 1891, Nikola Tesla comenzó su investigación sobre las ondas de radio. En el mismo año Tesla inventó varios aparatos los cuales producían 15 000 ciclos por segundo. También descubrió que al usar frecuencias muy altas se podía eliminar el hilo de entrada en un transmisor. En 1893 realizó la primera demostración de un sistema de transmisión inalámbrico, para esto utilizó un aparato que contiene todos los elementos que se habían incorporado en el sistema de radio antiguo, solo que esta vez utilizando altas frecuencias. En 1897, Tesla utilizó receptores electromagnéticos sensibles que a diferencia del coherer eran menos sensibles.

Guglielmo Marconi utilizó para sus experimentos estos receptores electromagnéticos sensibles. Marconi había leído sobre los experimentos de Hertz y de Tesla, fue ahí cuando comprendió que las ondas de radio podían ser utilizadas como medio de comunicación inalámbricas. Cuando Marconi empezó sus experimentos utilizó un transmisor y un receptor dentro de su laboratorio, luego decide mudar sus experimentos al aire libre y cambiar su transmisor por un dipolo vertical con un alambre vertical coronado por una lámina de metal, el transmisor sustituye el hueco de la chispa por un polvo de metal, con esto Marconi logra transmitir señales a una distancia aproximada de 1,6 kilómetros.

En 1897 fundó Marconi Company Ltd. y la Estación de Radio Niton. Este tipo de telegrafía fue inspeccionado por las autoridades de correos en el Canal de Bristol y todas las pruebas fueron exitosas, para octubre se realizó una de las pruebas más grandes la cual consistía en transmitir a una distancia de 54 Kilómetros. Esta prueba tuvo tanto éxito que luego se establecieron más estaciones de telegrafía. En 1898, el telégrafo de Marconi fue empleado para informar los resultados de las regatas de Kingston, para esto se utilizó una estación receptora en Kingston y una transmisora en las regatas, el conductor en tierra era una tira de tejido de alambre que estaba unido a un mástil de 40 metros de altura. En esta ocasión varios cientos de mensajes fueron transmitidos exitosamente.

En 1906, Lee De Forest inventó un dispositivo que consistía en un tubo de vacío al cual llamó *audion*, este dispositivo era un detector muy sensible a las oscilaciones eléctricas. Consistía en un tubo al vacío que contenía 3 electrodos, una de estos electrodos podía ser calentado hasta la incandescencia para poder emitir electrones. Para este experimento se conectaba una batería entre el electrodo como cátodo y el otro electrodo que hacía la función de ánodo, esto daba lugar a un flujo de corriente eléctrica por convección, esto se veía

reflejado en grandes cambios de potencia en el ánodo al aplicar una potencia al cátodo incandescente.

En 1906 durante la Primera Conferencia de Radiotelegrafía en Berlín, se acuerda que el espectro electromagnético es un recurso que debe ser compartido y no se debe monopolizar, esto debido al monopolio que había creado Marconi con todas sus compañías. Durante esta conferencia se acordó también la creación de una señal internacional de socorro (SOS) En 1912, debido a que el monopolio aún no se ha disuelto, se acuerda una Segunda Conferencia de Radiotelegrafía, celebrada en Londres, Inglaterra. En esta conferencia se logró disolver el monopolio de Marconi, también se acordó que todos los barcos lleven un equipo radiofónico de transmisión y recepción.

Entre 1919 y 1920, las compañías RCA y Westinghouse ponen en producción la radiodifusión comercial. Esta radiodifusión se caracteriza por promover la fabricación y comercialización de equipos receptores. Este nuevo invento tiene una gran aceptación entre los pobladores.

En 1918, Edwin Armstrong inventa un receptor de radioondas que utiliza un proceso de herodinación (mezcla de frecuencias), para realizar la conversión de una señal de entrada en una frecuencia intermedia fija, la cual puede ser mejor modificada que la frecuencia de radio de la portadora original, este invento recibió el nombre de Sistema Superheterodino.

En 1978 se crea el primer teléfono inalámbrico de uso público.

1.2. Historia de la radiodifusión en Guatemala

La historia que rige la radiodifusión en Guatemala se puede dividir en cuatro etapas. La primera etapa iniciando con el establecimiento de la primera radiodifusora en Guatemala. La segunda etapa inicia con la Revolución de 1944 y finaliza con la caída del gobierno del coronel Jacobo Arbenz, dando inicio a la tercera etapa la cual se extiende hasta la firma de los Acuerdo de Paz. Actualmente se está dentro de la cuarta etapa de la radiodifusión.

1.2.1. Primera etapa

Hasta 1918 en Guatemala solo se tenía una estación de radiotelegrafía la cual fue una donación del gobierno mexicano, luego esta fue destruida por los terremotos de 1917 y 1918. Debido a esto Julio Caballeros, quien era un experto en radiotransmisión, instaló una radiodifusora rudimentaria la cual contenía partes sobrantes de la estación de radiotelegrafía destruida y algunas partes nuevas que el mismo adquirió, esta era de fabricación tan cacaera que el micrófono parecía volante de automóvil.

En esa época la radiodifusión no era muy popular, ya que unas pocas familias en la ciudad capital eran las que tenían acceso a radiorreceptores y en su mayoría solo podían escuchar estaciones radiales del exterior del país en la onda corta. Durante esta época la Constitución de la Republica vigente no incluía una regulación sobre el espectro electromagnético. La radiodifusora de Julio Caballeros fue creciendo en popularidad, tanto que era conocida en algunas partes del interior del país.

El general Lázaro Chacón, quien era el gobernante de Guatemala, se dio cuenta que la radiodifusión era un medio de comunicación masivo, entonces

instaló una emisora con la asesoría de un técnico norteamericano traído especialmente para el efecto. La radiodifusora fue nombrada como TGW La Voz de Guatemala, esta salió al aire el 16 de septiembre de 1930 y hasta la fecha es la radio oficial del estado guatemalteco. Luego surge la TGC-Vidaris la cual fue fundada por la firma Castillo Hermano y posterior a ella el locutor Mejicano Novales funda la TGX. En febrero de 1931 el general Jorge Ubico, en el poder en ese momento, no permitió la existencia de más radiodifusoras.

El 27 de abril de 1935 la Asamblea Legislativa aprobó el Decreto 2080, en el cual se detallaba la modernización de los servicios de uso público existentes incluida la radiodifusión. Jurídicamente la radiodifusión quedó regulada, estos fueron los puntos más importantes de dicho acuerdo:

- La radiodifusión queda adscrita a la Dirección General de Telégrafos y su vigilancia es una asignación del gobierno. Por esta razón el gobierno también tenía el derecho de censurar o desmontar estaciones radiodifusoras.
- La estación que interfiriera otra debía suspender sus funciones, así mismo detallaban que las radios que usurparan una frecuencia incurrían en un delito.
- En un artículo se hace la observación que las radiodifusoras son las que tienen por objetivo la divulgación de conferencias, conciertos, propagandas comerciales y noticias de interés público. Durante el régimen de Jorge Ubico las radiodifusoras fueron clausuradas parcialmente, siendo la única permitida la Radio Morse.

1.2.2. Segunda etapa

La segunda etapa inició con la caída del régimen de Jorge Ubico el 20 de octubre de 1944 y termina con la caída del gobierno del coronel Jacobo Arbenz Guzmán. El 27 de abril de 1945 se estableció como función del Ministerio de Comunicaciones y Obras Publicas administrar los servicios de telégrafos, teléfonos, correos, cables, radio, electricidad y la radiodifusión tanto comercial como oficial.

En esta etapa, debido al clima de democracia y libertad de expresión que se vivía, fueron fundadas varias estaciones radiodifusoras, algunas de las cuales aún existen en la actualidad como Radio Nuevo Mundo y Radio Fabulosa. Durante esta época también se fundó la primera radiodifusora de carácter religioso, fundada por el arzobispo Rossell y Arellano la cual fue utilizada como un medio de propaganda política en contra de la Revolución del 20 de octubre, debido a esto el 17 de diciembre de 1947 quedo clausurada.

El gobierno de Jacobo Arbenz estaba en contra de los intereses políticos y económicos de los monopolios norteamericanos, esto derivó en varios intentos de golpe de estado militar, los cuales fueron fallidos. Debido a esto la CIA a sabiendas que la radiodifusión en Guatemala ya era un medio bastante popular, fraguó un plan mediante el cual utilizaban a la radiodifusión para propagar mensajes ideológicos contrarrevolucionarios, para esto creo la primer radiodifusora ilegal.

En 1953 el coronel Albert Haney comenzó a colocar estaciones de radiodifusión alrededor de Guatemala (Managua, República Dominicana y Honduras) y dos dentro de Guatemala, una de las cuales estaba en el interior de la embajada americana. Algunas de las estaciones contaban con

dispositivos especializados para generar interferencia y otras fueron utilizadas para transmitir en las mismas longitudes de onda de las radiodifusoras legales. Haney mantuvo un transmisor de reserva en la Isla del Cisne, frente a la costa del Atlántico de Honduras, en caso de que las demás fueran descubiertas. Debido a la falta de tecnología el gobierno de Guatemala no pudo encontrar las instalaciones clandestinas desde las cuales operaban esta emisora. Esta emisora recibió el nombre de La Voz de la Liberación.

La programación de esta radiodifusora era de carácter terrorista y anticomunista, ya que en sus programas instaban al caos colectivo, mencionando que Estados Unidos estaba bombardeando el Palacio Nacional de Guatemala o que la República de Corea del Sur se estaba preparando para una guerra anticomunista contra Guatemala. En estos programas también se mencionaba que las transmisiones eran originadas desde Guatemala con la intención de que la policía buscara insistentemente las estaciones dentro de Guatemala y se olvidara de las externas. Esta emisora utilizó el concepto de usar la misma frecuencia de transmisión para bloquear los mensajes emitidos por el general Jacobo Arbenz a través de la TGW, finalmente se logró el cometido de la CIA y el gobierno de Jacobo Arbenz Guzmán fue derrocado.

Un punto a destacar fue el hecho que de haber encontrado las ubicaciones de las estaciones clandestinas no se habría podido proceder legalmente contra los culpables, ya que la Constitución de la República no incluía el delito de usurpación de frecuencias de transmisión.

1.2.3. Tercera etapa

Esta etapa da inicio con la caída del gobierno de Jacobo Arbenz Guzmán el 27 de junio de 1954 y finaliza el 29 de diciembre de 1996 con la Firma de los Acuerdos de Paz.

Durante esta etapa el gobierno contrarrevolucionario, el cual había hecho uso de la radiodifusión como medio para generar un caos colectivo, temía que los revolucionarios hicieran lo mismo, por lo cual se creó una serie de leyes que penaban el uso de radiodifusoras clandestinas.

En marzo de 1955 el gobierno emite el Decreto Presidencial No. 260 el cual contiene la Ley de Radiodifusión. Este decreto fue creado con el fin de respetar una serie de convenios y acuerdos internacionales que la Republica de Guatemala estaba obligada a cumplir con el fin de regular el buen funcionamiento y control de las radiodifusoras. En esta ley se especificaba que todas las frecuencias asignadas a Guatemala eran propiedad del Estado, y que es obligación de este ejercer la vigilancia y el control sobre las entidades que hagan uso del espectro electromagnético. El 1ro. de mayo de 1966 entró en vigor la actual Ley de Radiocomunicaciones Decreto Ley 433, con lo cual el Decreto Presidencial No. 260 queda sin vigor.

Los años ochenta se caracterizaron por el uso de las estaciones de radio como plataformas políticas. El 3 de diciembre de 1981 elementos del Ejército Guerrillero de los Pobres (EGP) de manera simultánea toman las instalaciones de cinco radiodifusoras: Exclusiva, Fabulosa, Mil Noventa, Panamericana y Tic Tac, en ese instante las cinco radios difundieron un mensaje grabado por el fundador del Comité de Unidad Campesina (CUC), Emeterio Toj Medrano. Luego de esto miembros del ejército dieron muerte a varios trabajadores de

estas estaciones de radio. El Estado prohibió programas que se difundieran en idiomas indígenas, por aparte la policía secreta se encontraba atenta de manera repetitiva contra radios ubicadas en el interior del país.

1.2.4. Cuarta etapa

Esta etapa inicia con el fin del Conflicto Interno y la firma de los Acuerdos de Paz Firme y Duradera y dura hasta la actualidad. En esta etapa se elimina la represión vivida a causa del Conflicto Interno, y gracias a esto, se da paso al surgimiento de varias radiodifusoras legales aunque también, debido a los avances en la tecnología surgen las radiodifusoras ilegales.

1.3. Radiodifusoras legales

Una radiodifusora legal es aquella que cumple con el requisito fundamental de pago por el uso de una frecuencia del espectro electromagnético, adicionalmente cumple con una serie de requerimientos impuestos por la Superintendencia de Telecomunicaciones (SIT).

1.4. Radiodifusoras ilegales

La etimología del término radio ilegal está relacionado a la falta de permisos y/o licencias para la transmisión de información, tanto de contenido de entretenimiento como político. Las radiodifusoras ilegales en su mayoría son construidas de equipos viejos y de muy pocas prestaciones, normalmente estas radiodifusoras transmiten a baja potencia lo que implica un área de cobertura limitada, esto con el fin de no ser detectadas fácilmente.

1.4.1. Surgimiento de las radiodifusoras ilegales

La primer radiodifusora clandestina que fue encontrada en Guatemala, fue la construida por el campesino Roberto Díaz Martín, en el municipio de San Martín Jilotepeque, Chimaltenango. Díaz Martín era un campesino de dieciocho años de edad, casi analfabeto, pero con un gran sentido de invención, con viejos radios de transistores, alambre de amarre y con una bocina de radio escuchaba programas radiales al mismo tiempo que cantaba las canciones que iban sonando en los programas. Luego se dio cuenta que su voz se escuchaba en el radiorreceptor y que estaba logrando transmitir su voz al igual que lo hacían los locutores de Radio Nuevo Mundo. Siguió realizando pruebas hasta que consiguió encontrar una frecuencia libre con lo que consiguió que el municipio de San Martín Jilotepeque tuviera su primer radio comunitaria, aunque de manera ilegal.

Durante el tiempo que esta radiodifusora operó se escucharon programas que contenían música nacional, el programa del padre Navarro, y canciones con una guitarra que entonaba su hermano y el coro de la Iglesia. Díaz Martín fue capturado brutalmente. Cuando la comunidad internacional se dio cuenta de su ingenio exigió al Estado la pronta liberación de Díaz, posteriormente Díaz Martín fue llevado al extranjero.

Durante la época más difícil del conflicto interno se fundó una radiodifusora de carácter revolucionario que se escuchaba perfectamente en Huehuetenango, Quetzaltenango y San Marcos. Esta emisora recibió el nombre de La Voz Popular. Esta radio transmitió los viernes desde las 18:30 horas. Luego de más de un año de que la Voz Popular estaba transmitiendo, el ejército, con uso de radiogoniómetros, detectó que la señal provenía de las faldas del volcán Tajumulco, pero no podían entrar ya que el este territorio estaba lleno de minas

terrestres, por esta razón las autoridades no pudieron encontrar las instalaciones de dicha radiodifusora.

Después de la firma de los Acuerdos de Paz, el país entra en un período de democracia y libertad, que incluye entre sus beneficios el respeto al derecho de libertad de expresión. Derecho que ha sido utilizado de manera incorrecta por personas que incurrir en el delito de interferencia de frecuencias al establecer sus propias radiodifusoras.

1.5. Radiodifusoras comunitarias

Se entiende por radiodifusora comunitaria, a aquella radio que ha sido creada con el objetivo que ayudar al desarrollo de una comunidad. Las radios comunitarias no tienen fines lucrativos aunque algunas se valen de pautas comerciales para poder mantenerse, normalmente las radios comunitarias son de corto alcance y sus programas, idiomas y formatos están adecuados al contexto local. Algunas de las ventajas de las radios comunitarias son:

- Regularmente están dirigidas por voluntarios, los cuales usan equipos de bajo costo para la transmisión, lo que significa un costo de mantenimiento relativamente bajo.
- Brindan la oportunidad a personas normales de ser escuchadas y expresar sus ideas o sugerencias en pro del desarrollo o mejoramiento de una situación en la comunidad.
- Debido a que las radios comunitarias tienen por alcance de recepción la mayoría del territorio que comprende la comunidad, se pueden convertir en

un medio de solución de conflictos, prevención de desastres, información sobre desaparecidos.

Las radios comunitarias pueden ser de carácter religioso o no religioso. Las de carácter no religioso transmiten programas de carácter cultural, social, étnico, entre otras. Las radios comunitarias de carácter religioso transmiten programas de contenido religioso, este tipo de radio comunitaria puede ser de una iglesia en sí, o de alguna persona particular.

Al finalizar el conflicto interno en Guatemala y con la Firma de los Acuerdos de Paz, el Gobierno de Guatemala legalizó algunas radiodifusoras comunitarias que hasta ese entonces estaban operando de forma ilegal. Adicionalmente, en los Acuerdos de Paz también se hace el compromiso de propiciar frecuencias gratuitas para su uso dentro de las comunidades.

1.5.1. Diferencias entre una radiodifusora comunitaria, una radiodifusora ilegal y una radiodifusora comunitaria ilegal

Para una mejor comprensión de los tipos de radiodifusoras y poder evitar confusión, es necesario hacer énfasis en las diferencias fundamentales existentes entre cada una. Entre las diferencias más importantes se tienen:

Una radio comunitaria es de carácter social y para beneficio de la comunidad, sin ánimo de lucro. Estas utilizan pequeños segmentos de propaganda para poder generar los ingresos que necesitan para su funcionamiento. Una radio comunitaria es de corto alcance, utiliza para su transmisión equipos de baja potencia que regularmente son de gama baja. Sus

instalaciones de transmisión son visibles. La frecuencia de transmisión que utilizan les ha sido proporcionada legalmente.

Una radio ilegal es de carácter popular, no presenta ningún beneficio a una comunidad en particular y su principal finalidad es la de lucrar por medio de una serie de anuncios publicitarios. Son de alcance medio, utilizan mucho más potencia para transmitir comparada con una radio comunitaria, sus equipos de transmisión son de gama media llegando en algunos casos a gama alta dependiendo de la ubicación geográfica de la zona a cubrir. Sus instalaciones están escondidas. Para su transmisión usurpan una frecuencia que ha sido asignada a otra emisora de FM.

Una radio comunitaria ilegal es de carácter social y para beneficio de la comunidad, pero, a diferencia de una radio comunitaria, esta presenta ánimos de lucro mediante una serie de anuncios publicitarios. Son de corto alcance y al igual que las radios comunitarias establecidas legalmente sus equipos son de gama baja. Sus instalaciones pueden o no ser visibles. Para su transmisión usurpan una frecuencia que ha sido asignada a otra emisora de FM.

2. FUNDAMENTOS DEL SISTEMA DE RADIODIFUSIÓN DE DATOS

El Sistema de Radio de Datos RDS es un protocolo de telecomunicaciones que se utiliza para introducir en la señal de FM pequeñas porciones de datos digitales, los cuales contienen el nombre de la canción, nombre de la emisora sintonizada, información del programa.

2.1. Historia RDS

El sistema de radio de datos fue inspirado por el desarrollador del Sistema Difusión de Información para el Conductor Automotriz (ARI, por sus siglas en alemán) y el fabricante de radio Blaupunkt. ARI utiliza una subportadora de 57 KHz para indicar que una portadora de FM presenta información de tráfico.

En 1974, el Comité Técnico de EBU empezó con el desarrollo de un proyecto tecnológico similar al ARI, con la diferencia que este nuevo sistema era mucho más flexible y daba la facilidad de sintonizar automáticamente en el receptor el mismo programa, aunque este se encuentre en una frecuencia diferente.

El sistema de modulación se basa en el utilizado por el Sistema de Paginación de Suecia y la codificación de banda base que era un método nuevo desarrollado por la Corporación de Radiodifusión Británica (BBC, por si siglas en inglés) y el IRT. En 1984, el EBU emitió la primera especificación para el Sistema de Radio de Datos. Las mejoras a la función frecuencias alternativas

fueron añadidas a la norma y posteriormente publicadas como un decreto del Comité Europeo de Normalización Electrónica (CENELEC).

En 1992, el Comité Nacional de Sistemas de Radio de Estados Unidos, emitió su versión de la Norma RDS, llamado Sistema de Radiodifusión de Datos. En este mismo año, la norma creada por el CENELEC fue actualizada con la adición del canal de mensaje de tráfico, posteriormente en 1998 se añadieron aplicaciones de datos abiertos y en el 2000, el RDS se publicó como una norma global bajo el estándar IEC 62106.

El Sistema de Radio de Datos Extendido (XRDS) es un sistema con el cual se puede multiplicar la velocidad de transmisión de datos en el canal de FM de una manera bastante sencilla, la cual consiste en el uso de varias subportadoras normales de RDS, desplazando a las frecuencias más altas la señal de FM. Las subportadoras adicionales son colocadas en la parte superior vacía del espectro, estas llevan todos los datos adicionales. Para finales del 2014 se está planeando el Foro RDS, el cual tiene como objetivo la creación del RDS 2.0, que será compatible con el XRDS, pero con la diferencia que el servicio será orientado completamente a datos.

2.2. Características RDS

Con el Sistema de Radio de Datos se consigue un uso mucho más eficiente del espectro electromagnético comparado con la transmisión de FM tradicional, ya que en un sistema FM-RDS utilizando el mismo ancho de banda se envían varios complementos que mejoran la calidad del servicio. Las características que RDS añade a una transmisión de FM se dividen en primarias y secundarias, esta división se hace por la importancia que tiene cada característica.

2.2.1. Características primarias

Las características primarias son aquellas que siempre deben estar presentes en una transmisión con RDS. Entre las características primarias más importantes se puede mencionar identificación de programas, servicio de programa, lista de frecuencias alternativas, código de tráfico, entre otras.

Por medio de la función identificación de programa (PI por sus siglas en inglés) el usuario puede identificar la emisora sintonizada. Es un código de 16 bits que contiene el símbolo del país, el código de la región y un número que permite la identificación de la emisora sintonizada.

La función Servicio de programa (PS por sus siglas en inglés) se utiliza para visualizar el nombre del programa sintonizado. Consta de ocho caracteres alfanuméricos que pueden estar en minúsculas o mayúsculas.

La lista de frecuencias alternativas (AF por sus siglas en inglés) se utiliza para transmitir una o más listas. Cada lista consta de un máximo de 25 frecuencias de transmisores o retransmisores del programa sintonizado. Esta característica es útil cuando se está saliendo del área de cobertura de una emisora en particular y se desea seguir sintonizando el mismo programa.

Las funciones código de tráfico del programa (TP por sus siglas en inglés) y anuncios de señales de tráfico, permiten al radioescucha sintonizar de manera automática estaciones, que en ese momento estén transmitiendo anuncios sobre congestionamiento, accidentes y una serie de alertas viales. Luego de que se escucha el anuncio, se resintoniza la emisora que el usuario estaba escuchando.

2.2.2. Características secundarias

Las características secundarias son opcionales, ya que su uso puede o no ser de vital importancia para el escucha. Entre las características secundarias se encuentran el decodificador de información (DI por sus siglas en inglés) que indica el modo de operación del receptor, por ejemplo mono o estéreo; la función música y habla (MS por sus siglas en inglés) es una bandera de estado que indica si la música o el diálogo están siendo difundidos, por medio de esta característica el receptor puede realizar ajustes en el volumen independientemente de la música o el dialogo; número de identificación de programa (PIN por sus siglas en inglés) el cual es un código que identifica a un programa en particular por su fecha y hora de inicio para poder permitir el encendido y apagado automático del receptor; mejora de la información de otras redes (EON por sus siglas en inglés) esta función relaciona RDS con otras redes de radiodifusión.

La información principal que incluye EON es PI y AF para la resintonización rápida de una emisora o un programa, también incluye el TP, TA, PTY y el PIN de dichos programas, canal transparente de datos (TDC por sus siglas en inglés) el cual proporciona un flujo continuo de datos al receptor y sus periféricos asociados y el tipo de programa (PTY por sus siglas en inglés), que es un código de identificación que se transmite con cada programa y se utiliza para saber la temática del mismo dentro de 31 posibilidades. En la tabla I se muestran los códigos PTY utilizada en Norte América:

Tabla I. **Códigos PTY usados en EE.UU.**

| Código PTY | Tipo de Programa |
|-------------------|-------------------------|
| 0 | No especificado |
| 1 | Noticias |
| 2 | Información |
| 3 | Deportes |
| 4 | Diálogo |
| 5 | Rock |
| 6 | Rock clásico |
| 7 | Temas de adultos |
| 8 | Rock alternativo |
| 9 | Top 40 |
| 10 | Country |
| 12 | Alternativo |
| 13 | Nostalgia |
| 14 | Jazz |
| 15 | Clásicos |
| 16 | R&B |
| 17 | Blues |
| 18 | Lenguas |
| 19 | Música religiosa |
| 20 | Temas religiosos |
| 21 | Personalidades |
| 22 | Público |
| 23 | Estudiantil |
| 26 | Hip hop |
| 31 | Emergencias |

Fuente: elaboración propia.

Algunas otras características opcionales del Sistema de Radio de Datos son las funciones dentro de Casa (IH por sus siglas en inglés), que es un canal de datos para uso exclusivo de la emisora, fecha y hora (CT por sus siglas en inglés) por lo general este código es originado desde transmisores de tiempo,

que permite a los receptores visualizar la fecha y hora actual. También es usado para sincronizar varios receptores, radio localizador (RP por sus siglas en inglés), esta función ofrece las características de un localizador de bolsillo con una pantalla alfanumérica y alertas sonoras. Sistema de alerta de emergencia (EWS por sus siglas en inglés), esta característica utiliza una cantidad muy pequeña de datos para los servicios de alertas de emergencia como desastres naturales y las aplicaciones de código abierto (ODA por sus siglas en inglés) que permite que nuevas aplicaciones sean diseñadas e implementadas.

2.3. Tipos de RDS

El sistema RDS para su transmisión necesita de codificadores, esto para realizar una transmisión limpia y no interferir a la señal de FM. Normalmente los codificadores de RDS se instalan adyacentemente al codificador estéreo. El codificador estéreo genera una señal de 19 KHz, la cual es utilizada por el codificador RDS para sincronizar su flujo de datos de salida. Dos tipos de RDS pueden ser implementados, el RDS estático y el RDS dinámico.

2.3.1. RDS estático

Este tipo de RDS es el menos utilizado, debido a su pobre juego de características, puede ser implementado con un solo codificador proporcionando información como una lista de frecuencias alternativas fija, establecida en la memoria interna del codificador. El proceso de modificación de las listas se realiza de forma manual.

2.3.2. RDS dinámico

El RDS del tipo dinámico es el más utilizado en la actualidad, ya que aunque requiere de un mayor número de componentes, ofrece una mayor cantidad de funcionalidades comparado con el RDS estático. La mayoría de las funciones se basan en *RadioText*. Los servicios del RDS dinámico requieren que en la entrada del codificador RDS se tenga un flujo de datos con el fin de evitar la actualización manual de las listas de frecuencias.

Una de las desventajas del RDS dinámico es la necesidad de enviar una gran cantidad de comandos desde la estación transmisora hacia el codificador.

Una vez se implementa un codificador, en la mayoría de situaciones, un enlace de datos unidireccional es establecido únicamente para realizar una actualización de los datos que se envían al codificador, esto por razones económicas, ya que la emisora tuvo que adaptar sus datos analógicos al sistema RDS para poder establecer una comunicación con una distribuidora de datos. Una opción para implementar un enlace de datos unidireccional, en una red de distribución de audio existente, es usando una subportadora con una frecuencia por encima de 15 KHz, levemente por encima de la frecuencia nominal de FM. Un sistema de este tipo es el *AudioDat*, el cual tiene una velocidad de 200 bps.

Un gran número de actualizaciones de los protocolos propietarios han sido aplicados sobre los enlaces de datos entre los servidores de origen y el codificador RDS, varios de ellos para una marca de codificador en específico. Los protocolos se utilizan para enviar mensajes, alertas o códigos desde los servidores origen hacia el codificador RDS, para garantizar la recepción de todos los datos (mensajes, alertas o códigos) se envían repeticiones de cada

uno de los datos. En algunos casos un controlador, que se ejecuta en una computadora, se utiliza para enviar datos de actualización al codificador. Si se requiere una aplicación muy completa, un sistema de gestión dedicado llamado servidor RDS tiene que ser utilizado para controlar de forma programada todas las funciones del RDS, incluyendo los datos relacionados con el programa de radio, tales como TP, TA , PTY, RT, y toda la gama de referencias EON.

2.4. Protocolo UECP

A principios de 1990, la UER estudió la propuesta de estandarizar los distintos protocolos de comunicación RDS existentes. Esta estandarización permitiría a las emisoras comprar los componentes necesarios para implementar un sistema RDS, sin necesidad que todos fueran de una marca en específica. Esto implicaría una disminución en el costo económico de implementación y funcionamiento del sistema RDS, adicional también implicaría una mejora de la flexibilidad en la implementación de mejoras. Con esto los fabricantes de componentes serían capaces de integrar sus productos con productos de otros fabricantes, lo que permitiría implementar sistemas más complejos.

Los protocolos propietarios de actualización tenían elementos similares; sin embargo, difieren significativamente en sus modelos. La estructura, funcionalidad, direccionamiento de sus redes y datos dentro de cada codificador RDS son, a menudo, bastante diferentes. Por lo tanto, la especificación del Protocolo Universal de Comunicación de los Codificadores (UECP por sus siglas en ingles), se basó en modelos y codificadores estándar.

El UECP es un protocolo de comunicación en capas que está en línea con el modelo de referencia OSI de 7 capas. El UECP en su versión 5.1 abarca

todas las funciones RDS actuales, incluyendo las últimas especificaciones TMC, también está diseñado para dar cabida a todas las novedades que van a utilizar las aplicaciones de datos abiertos (AOD). El modelo y el protocolo también proporcionan una especificación sobre la cual se pueden basar los nuevos productos y más específicamente, permite que otros protocolos de comunicación existentes puedan ser mejorados, por lo tanto, muchos dispositivos existentes se pueden adaptar para cumplir con la funcionalidad requerida. Actualmente se recomienda que todos los nuevos codificadores RDS deben permitir operar con el protocolo UECP 5.1 o superior.

2.4.1. Características y funcionamiento UECP

La comunicación hacia los codificadores RDS necesita bastantes niveles de direccionamiento, tanto para todos los codificadores así como para grupos específicos de codificadores y/o dispositivos particulares. Esto se puede lograr mediante la unión de conexiones físicas o por un método de direccionamiento lógico, el cual es mucho mejor que las conexiones físicas. Para lograr la definición del modelo IUECP se hicieron las siguientes suposiciones:

- El flujo de datos alimentará uno o más sitios de transmisión. Cada sitio tendrá una dirección única, conocida como dirección del sitio (un número entre 1 y 1023). Todos los codificadores dentro de un sitio de transmisión comparten la misma dirección de sitio.
- Un codificador poseerá una o más direcciones de sitios, pero una de ellas debe ser única para informar la ubicación del sitio físico en particular.

Luego se introdujo un segundo nivel de direccionamiento, denominado la dirección del codificador (un número entre 1 y 63). Varios codificadores RDS se

instalan en cada sitio de transmisión, con esto se garantiza el cumplimiento de una serie de servicios. En esta configuración se puede optar por tener o no equipos de *backup*, pero en ambos escenarios cada codificador, dentro del sitio, necesita ser direccionable individualmente.

Un codificador poseerá una o más direcciones de codificador, una de esas direcciones debe ser única en ese sitio transmisor. Más direcciones de codificador pueden ser asignadas de acuerdo al uso del sistema de fabricación. Sin embargo, las direcciones de sitio y de codificador no están destinadas para especificar un servicio de radio en particular. Para la especificación de un servicio de radio en particular es necesario un tercer nivel de direccionamiento, este se lleva a cabo mediante el uso de un número de servicio de programa. Las direcciones de sitio y de codificador deben considerarse como direcciones físicas, y solo se utilizan para hacer referencia a una caja determinada en un lugar determinado.

En este protocolo se espera que se envíe una gran cantidad de mensajes hacia los codificadores, por lo tanto, el número global cero (0) se define tanto para la dirección de sitio como para la dirección de codificador. Los mensajes que llevan la dirección de sitio global son aceptados en todos los sitios dentro del sistema. Los mensajes que llevan la dirección de codificador global son aceptados por todos los codificadores que se encuentren dentro de los sitios especificados por la dirección del sitio especificada.

Un codificador tendrá dos listas de direcciones, una lista contiene las direcciones de sitios aceptables y la otra lista contiene las direcciones de codificadores aceptables. La lista de direcciones de sitio incluye la dirección de sitio global, la dirección de sitio único y cualquier dirección de un grupo de sitio adicional. La lista de direcciones de codificador incluye la dirección del

codificador global, la dirección de codificador único y cualquier dirección de un grupo de codificador adicional.

Un mensaje es aceptable, para un codificador en particular, solo si la dirección del sitio se encuentra dentro de su lista de direcciones de sitios aceptables y la dirección del codificador está contenida dentro de su lista de direcciones codificadores aceptables.

En el modelo de software los mensajes se aceptan por el codificador de conformidad con el método de direccionamiento utilizado por el sistema. La aplicabilidad está determinada por los campos opcionales dentro del propio mensaje. Esto permite el direccionamiento de estructuras dentro de un codificador RDS. Las estructuras que se pueden direccionar son serie de datos, servicios de programa y buffers.

En la estructura de serie de datos un codificador tiene una o más series de datos, cada una de las cuales da lugar a una salida de RDS específica. Cada serie de datos puede hacer referencia a varios servicios del programa utilizando la función EON. Una sola serie de datos, conocida como la serie de datos actual, es responsable en cualquier momento de la salida del codificador RDS.

En la estructura de servicios de programa todos los servicios se identifican con un número identificador de programa único, que se utiliza para etiquetar los datos dentro de las redes RDS. En una red que incluye la función EON, se enviarán los datos, para varios servicios del programa, a un codificador RDS, el cual puede identificar si los datos se refieren a una o más de las series de datos y los elementos dentro de las series de datos utilizadas por dicho codificador. Hay un área de memoria específica en cada serie para almacenar los servicios del programa de datos.

La estructura de buffers se utiliza como memoria temporal de cierta información, por ejemplo EWS, IH, la AOD, RT, TDC y TCM. Esto significa que la información recibida se coloca en cola a la espera de ser transmitida. Es posible configurar un buffer para realizar una transmisión cíclica.

En el modelo Hardware se utiliza un modelo simplificado de codificador RDS para el desarrollo del protocolo UECP. Este modelo no incluye componentes obvios como la fuente de alimentación, únicamente se incluyen los bloques necesarios para el desarrollo del propio protocolo, tales como el bloque de procesamiento, memoria, reloj, interfaz serial, modulador, oscilador y control de referencia, entre otros.

El procesador por lo general se trata de un microprocesador. El procesador cuenta con acceso a los dispositivos de entrada y salida, el reloj en tiempo real y la memoria. La memoria comprende tanto la ROM como la RAM necesarias para ejecutar el software que interviene en el funcionamiento del codificador, y la memoria RAM y ROM necesaria para almacenar para los datos. Por medio del reloj en tiempo real se mantienen la fecha y hora actualizadas. Se utiliza para generar grupos de tipo 4A (CT).

Debido a que los datos, de acuerdo con la UECP, se transmiten y se reciben por medio de la interfaz serial, se hace necesario la inclusión de un bloque de interfaz serial.

El Oscilador de 57 kHz genera una frecuencia de enganche de fase, la cual es enganchada con la frecuencia de 19 KHz generada por el selector de referencia.

Por medio del bloque de nivel y control de fase, la señal RDS (opcionalmente ARI) puede ser ajustada, en nivel y fase, por el procesador bajo las instrucciones apropiadas.

El protocolo UECP está diseñado para operar en 3 diferentes modos diferenciados por el tipo de comunicación que utilizan.

El modo unidireccional es aquel en el que los enlaces de comunicación se utilizan en un solo sentido. Los datos se transmiten a uno, un grupo o a todos los codificadores RDS. En este modo no se requiere respuesta de recibido.

En el modo bidireccional los enlaces de comunicación se utilizan en dos vías, se pueden transmitir datos a uno, a un grupo, o a todos los codificadores RDS. En este modo el servidor solicita datos, el estado y los informes de errores de los codificadores RDS.

El modo bidireccional con respuesta espontánea requiere enlaces de comunicación que utilicen dos vías, permite al servidor transmitir datos a los codificadores RDS y datos de las solicitudes de los codificadores RDS. En este modo los codificadores RDS son capaces de generar de manera espontánea los mensajes de estado y de error.

A nivel físico, es necesario asegurar la compatibilidad eléctrica y mecánica de los equipo. La comunicación entre el servidor y el codificador RDS se lleva a cabo por medio de una interfaz serial basada en el estándar EIA RS 232C, esta es una interfaz *full-dúplex* capaz de operar con módems. Los datos se transmiten byte por byte en modo asíncrono. Las velocidades de transmisión se pueden establecer entre los valores de 75 y 115 200 bps. La actualización de datos se da mediante un flujo de tramas de datos. Una trama de datos

comprende una serie de bytes, delimitada por dos bytes reservados, Fe y FF hexadecimales, los cuales marcan el comienzo y el final de la trama.

La trama de datos contiene una dirección de destino, la cual define el conjunto de codificadores de destino. Se utiliza un contador de secuencia para etiquetar cada registro por separado. El mensaje está precedido por un byte, que define la longitud del mensaje, la longitud máxima del mensaje es de 255 bytes, seguido de 2 bytes de comprobación de palabra.

Los bytes de inicio y fin, FE y FF, son definidos de forma única y no pueden ocurrir en cualquier otro campo dentro de la trama. Con el fin de evitar esto, se coloca un byte de relleno antes de la transmisión, dicha técnica permite un protocolo orientado a bytes para preservar ciertos valores únicos. Aún así se puede incluir en los mensajes transmitidos toda la gama de bytes disponibles (hexadecimal 00-FF). Esto se logra capturando bytes reservados que se encuentren en campos ilegales y transformándolos en pares de bytes legales.

En los casos en que los valores de bytes reservado se encuentran presentes dentro del mensaje, se incrementará la longitud del mensaje transmitido. Sin embargo, la longitud de un mensaje siempre se define en su estado sin relleno, para esto se utiliza el siguiente polinomio divisor $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$.

El campo de mensaje, se compone de uno o más elementos del mensaje. Varios elementos del mensaje podrán agruparse en un solo campo con una longitud máxima de 255 bytes. Un elemento mensaje individual no deberá dividirse entre los diferentes campos del mensaje. El campo de mensaje completo se puede representar de la siguiente manera:

MEC,[DSN],[PSN],[MEL],[MED],[[MEC,[DSN],[PSN],[MEL], [MED]],...

Los campos y elementos del mensaje mostrados entre corchetes son opcionales. Los elementos del mensaje pueden concatenarse libremente, siempre y cuando se respete la longitud máxima de 255 bytes.

El número series de datos (DSN) permite que el mensaje pueda ser dirigido a una de las siguientes ubicaciones dentro de un codificador:

- Un conjunto de datos específico
- El conjunto de datos actual
- Todos los conjuntos de datos

El PSN permite que un elemento de mensaje pueda operar dentro de una o más series de datos.

Los datos de los elementos del mensaje consisten en un byte que describe la longitud. Las diferentes clases de mensajes se definen como comandos de mensaje RDS, comandos de inicio de aplicación, comandos de datos transparentes, comandos de paginación, comandos de ajuste del reloj y de control, comandos remotos y de configuración (ajuste y control RDS, ajuste y control ARI, comandos control y la configuración, comandos bidireccionales y comandos específicos).

Los comandos remotos y de configuración hacen posible el control de las diversas opciones de funcionalidad de los codificadores y de los mensajes de solicitud de permiso que el codificador debe generar (esto únicamente en el caso de una transmisión bidireccional).

Los datos se transmiten al codificador RDS utilizando un comando específico y se almacenan en la memoria de acuerdo con el modelo de software del codificador. El codificador RDS también debe ser informado sobre los tipos de grupos de transmisión y la velocidad de transmisión adecuada para cada uno de ellos. Esto se realiza mediante el comando de secuencia de grupo, el cual es visto por el codificador como un grupo de orden de activación.

Cuando se encuentra un grupo específico dentro de la secuencia, los datos de ese grupo son transmitidos siempre que estén disponibles. Si no se reciben de un tipo de grupo específico, entonces dicho tipo no se genera y el siguiente tipo de grupo dentro de la secuencia se toma su lugar. Con este método, la tasa de repetición deseada para cada tipo de grupo se define implícitamente de una manera muy flexible.

2.5. Modulación de la señal RDS

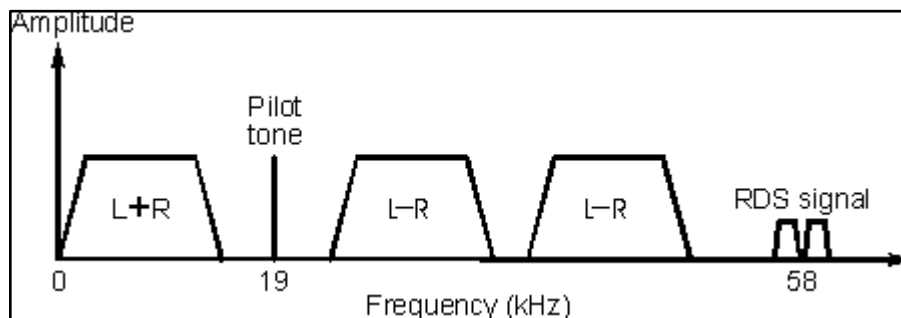
El sistema RDS opera mediante la adición de datos a la señal de banda base que se utiliza para modular la portadora de la frecuencia de radio. La señal de banda base se compone de un número de elementos. La señal estéreo es modulada en amplitud como una señal con portadora suprimida de doble banda lateral a 38 kHz. Un tono piloto a 19 kHz (la mitad de la frecuencia de la señal de subportadora estéreo) también se transmite y este se utiliza para activar el demodulador del receptor.

La señal estéreo está por encima del rango de audición de audio y como consecuencia, no resta valor a la señal normal de mono. Al no añadir nada nuevo a una transmisión, se debe mantener la compatibilidad con los radios existentes.

La información RDS se coloca por encima de la señal de diferencia estéreo dentro de una subportadora de 57 kHz. Entonces la frecuencia de la señal pasa a ser tres veces la frecuencia del tono piloto estéreo. Para las transmisiones estéreo, la subportadora RDS está bloqueada en el tono piloto.

La subportadora real que se utiliza para transportar la información es modulada para transportar los datos en fase. Se utiliza un tipo de modulación en cuadratura denominado modulación por desplazamiento de fase (QPSK por sus siglas en inglés). Con esto se consigue una buena inmunidad a errores causados por el ruido. Adicional, el hecho de que la subportadora opere en un armónico del tono piloto, minimiza la posibilidad de interferencia a las señales de audio. En la figura 1 ilustra la composición del espectro de la señal FM con RDS incluido.

Figura 1. **Espectro señal FM + RDS**



Fuente: *Radio electronics*. www.radio-electronics.com/info/broadcast/rds/radio-data-system-technology-operation. Consulta: 4 de junio de 2014.

2.5.1. Subportadora de frecuencia

La señal de datos RDS se introduce por medio de una subportadora, a la señal estéreo (o señal mono según sea el caso), en la entrada al transmisor VHF / FM. Durante las transmisiones en modo estéreo, la frecuencia de la subportadora se bloqueará en el tercer armónico del tono piloto de 19 kHz. Dado que la tolerancia de la frecuencia del tono piloto es de ± 2 Hz, la tolerancia de la frecuencia de la subportadora, durante transmisiones estéreo, es de ± 6 Hz. Si la transmisión se realiza en modo mono, la frecuencia de la subportadora de 57 kHz será ± 6 Hz.

2.5.2. Subportadora de fase

Durante las transmisiones en modo estéreo, la subportadora de la señal se bloqueará, ya sea por modulación en fase o en modulación en cuadratura en el tercer armónico de la frecuencia piloto de 19 kHz. La tolerancia en este ángulo de fase es de $\pm 10^\circ$.

2.5.3. Nivel de la subportadora

El rango de tolerancia de la portadora de FM debido a su subportadora modulada se encuentra dentro del rango de $\pm 1,0$ kHz a $\pm 7,5$ kHz. Para una transmisión y recepción óptima de la señal, este parámetro debe ser de $\pm 2,0$ kHz.

El decodificador debe funcionar correctamente cuando la desviación de la subportadora varía dentro del rango de $\pm 1,0$ kHz a $\pm 7,5$ kHz durante períodos mayores a 10 ms. La máxima desviación permitida debido a la señal múltiplex compuesta es de ± 75 kHz.

2.5.4. Frecuencia de reloj y velocidad de transmisión

La frecuencia de reloj se obtiene dividiendo la frecuencia de la subportadora transmitida de 57 kHz entre 48. En consecuencia, la tasa de transmisión de datos del sistema es $1\ 187,5 \text{ bit / s} \pm 0,125 \text{ bit / s}$.

2.6. Transmisión de la señal RDS

La velocidad de transmisión de los datos de la señal RDS es $1\ 187,5 \text{ bits}$ por segundo. Mediante el uso de esta velocidad de datos los circuitos de decodificación pueden operar de forma síncrona, esto reduce los problemas con las señales falsas en los circuitos de decodificación.

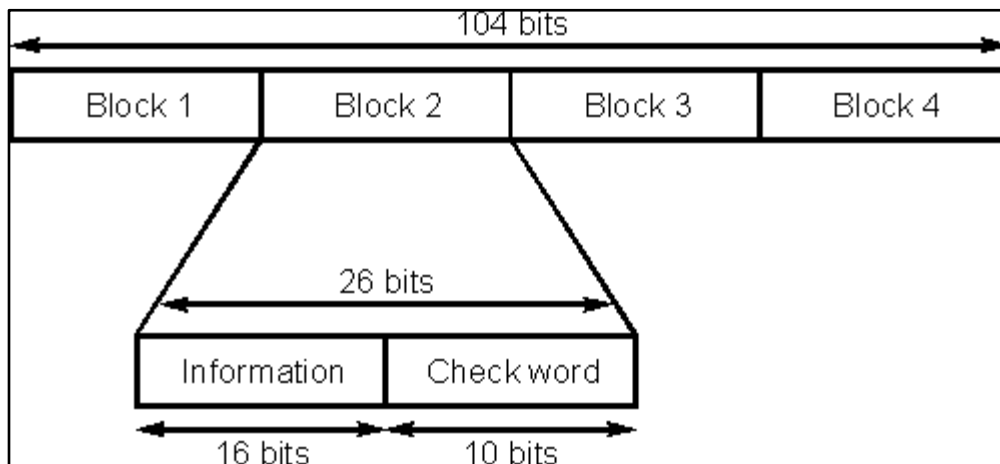
Los datos se transmiten en grupos los cuales consisten en cuatro bloques cada uno. Cada bloque contiene una palabra de información de 16 bits y una palabra de comprobación de 10 bits. Esto significa que, con la velocidad de datos de $1\ 187,5 \text{ bits}$ por segundo, aproximadamente 11,4 grupos pueden ser transmitidos cada segundo.

Los grupos de datos están estructurados de modo que, los datos pueden ser transmitidos tan eficientemente como sea posible. Diferentes estaciones pueden transmitir diferentes tipos de datos en cualquier momento. Para poder realizar dichas transmisiones, se cuenta con un total de 16 estructuras de grupos diferentes.

La mezcla de diferentes tipos de datos dentro de los grupos se mantiene a un mínimo. Sin embargo, la estructura de codificación es tal que los mensajes que son transmitidos frecuentemente, ocupan la misma posición dentro de los grupos. Por ejemplo el primer bloque en un grupo siempre contiene el código PI

mientras que los códigos PTY y TP se encuentran en el segundo bloque. En la imagen 2 se observa la estructura de los diferentes bloques de datos, dentro de una misma trama:

Figura 2. Estructura datos RDS



Fuente: *Radio electronics*. www.radio-electronics.com/info/broadcast/rds/radio-data-system-technology-operation. Consulta: 4 de junio de 2014.

Para que el receptor conozca la forma adecuada de decodificación de la señal y los datos, se debe identificar cada tipo de grupo. Esta función se realiza mediante un código de cuatro bits que ocupa las primeras cuatro posiciones dentro del segundo bloque.

Una vez generados los datos, se codifican dentro de la subportadora en un formato diferencial. Esto permite que los datos puedan ser decodificados correctamente por medio de la inversión de la señal. Cuando el nivel lógico de los datos de entrada es "0", la salida se mantiene sin cambios, pero cuando el nivel lógico de los datos es "1" la salida invierte su estado.

Con la señal básica generada, el espectro tiene que ser cuidadosamente limitado, esto se debe hacer para evitar la diafonía en los decodificadores de fase. La densidad de potencia, aproximadamente de 57 kHz, está limitada por la codificación de cada bit como una señal bifásica. Además de esto, los datos codificados se pasa a través de un filtro de paso bajo.

2.6.1. Espectro y canal de datos

La potencia de la señal de datos, cerca de la subportadora de 57 kHz, se reduce al mínimo mediante la codificación de cada bit como un símbolo de una señal bifase. En concepto, cada bit origen da lugar a un impulso impar-par, $e(t)$, de tal manera que un 1 lógico en la entrada da como resultado:

$$e(t) = \delta(t) - \delta\left(t - \frac{t_d}{2}\right)$$

Un 0 lógico en la fuente da como resultado:

$$e(t) = -\delta(t) + \delta\left(t - \frac{t_d}{2}\right)$$

Los pares de impulsos se forman por un filtro $H_T(f)$, con el cual se consigue un espectro de banda limitada, donde $H_T(f)$ está definida por :

$$H_T(f) = \begin{cases} \cos \frac{f t_d}{4} & \text{si } 0 \leq f \leq 2/t_d \\ 0 & \text{si } f > 2/t_d \end{cases}$$

Donde t_d está dado por:

$$t_d = \frac{1}{1\,187,5} s$$

Después de pasar por el filtro, el espectro de datos se divide en partes iguales entre el transmisor y el receptor (para un óptimo desempeño en presencia de ruido aleatorio) de modo que, idealmente, el filtrado de datos en el receptor debe ser idéntico al del transmisor. El espectro global de canales de datos conformados por $H_0(f)$ sería el 100 por ciento del coseno de rotación.

2.6.2. Capacidad máxima de transmisión

La velocidad de transmisión del sistema RDS (1 187,5 bps) es bastante baja, esto conlleva una capacidad limitada del canal RDS. Teniendo en cuenta que las cuatro palabras de verificación, en cada grupo de 104 bits, ocupan un total de 40 bits, y que grupo de direcciones necesita 5 bits, se llega a una tasa utilizable de bits de:

$$1\,187,5 - \left(\frac{1\,187,5}{104} \right) \times (40 + 5) = 673,7 \text{ bps}$$

Como se observa una tasa de 673,7 bps es muy baja para una transmisión, esto limitará el número de características que pueden ser transmitidas.

Con el fin de analizar el uso de la capacidad del canal RDS sus funciones se agrupan en categorías de acuerdo al impacto que tienen en la capacidad del canal. En primer lugar, se analiza la capacidad que necesitan cada una de las funciones relacionadas con la transmisión del programa radial, posteriormente el canal sobrante se asigna a las funciones que no tienen relación con la transmisión del programa radial.

Las características relacionadas con los programas se pueden dividir en cuatro categorías:

- Las características principales (AF, PI, PS, y TP/TA) requeridas para el proceso de sintonización automática.
- La información EON, la cual realmente es una característica complementaria para la sintonización automática en lo que se refiere a las redes.
- El grupo de funciones (CT, DI, MS, PIN, PTY, y PTYI) que requieren poca capacidad del canal para ser transmitidas. Es importante tener en cuenta que PIN solo requiere una tasa de repetición de 1A por minuto. Sin embargo, si está siendo transmitida con RP, la misma debe ser aumentada a 1A por segundo.
- La función de texto en el radio.

Realizando el análisis de la utilización de cada característica se obtiene el porcentaje de utilización para estos 4 grupos:

Las funciones AF, PI, PS, TP / TA son características primarias que apoyan en el proceso de sintonización automática. Este grupo requiere un 48,35 por ciento de la capacidad del canal.

La función EON se utiliza en el caso que el proceso de sintonización automática deba ser optimizado por medio de la red de emisoras cercanas. Para este caso al porcentaje de utilización del grupo 1 se le suma el porcentaje de utilización de la función EON que es de 8,24 por ciento, entonces la

utilización total del proceso de sintonización automática sería del 56,59 por ciento.

Las funciones PTY, MS, DI, PIN, CT requieren poca capacidad del canal. Las primeras tres características requieren 9,65 por ciento de utilización, por razones de codificación, las dos últimas requieren un 0,21 por ciento adicional (5,6 por ciento si se transmite RP). La utilización total del canal para estos 3 grupos es del 66,44 por ciento del canal RDS (o 71,83 por ciento con RP).

La función RT requiere un porcentaje de utilización del 17.58 por ciento de la capacidad del canal.

Se observa que el porcentaje de utilización requerido para las funciones relacionadas con el programa es del 84 por ciento de la capacidad del canal (o 89,41 por ciento con RP). Se tiene un porcentaje libre del 16 por ciento (10 por ciento con RP), para la transmisión de las funciones que no están relacionadas con el programa (IH, AOD, TDC, y TMC); es decir, 108 bps (68 bps con RP). Cada una de estas características requiere, en caso de transmitirse, un porcentaje significativo de la capacidad libre del canal.

Por ejemplo, grupos del tipo A, puede llevar a la ODA un máximo de 37 bits, lo que significa que solo queda capacidad para dos o tres grupos por segundo. Esto hace que la capacidad del canal sea muy restringida en RDS. Sin embargo, debido a la multiplexación en el dominio del tiempo, se pueden transmitir muchas más funciones que las pertenecientes a los 4 grupos principales.

2.7. Demodulación de la señal RDS

Para realizar el proceso de demodulación de la señal, el decodificador acepta una señal de entrada proveniente del discriminador de FM, posteriormente envía su señal de salida a un microprocesador. Este microprocesador controla una pantalla LCD, la sintonización del receptor y también lleva a cabo algunas de las etapas posteriores a la decodificación de la señal. Los microprocesadores son incorporados, más comúnmente, en los receptores más sofisticados, estos microprocesadores emplean un PLL para controlar las funciones de ajustes y preajustes de la frecuencia seleccionada por el usuario.

Las funciones de los demoduladores/decodificadores de RDS se basan en las seis etapas principales:

La primera etapa es la demodulación de la señal de 57 kHz de amplitud modulada con portadora suprimida.

La segunda etapa consiste en la decodificación de los caracteres o símbolos bifásicos.

Posterior a la decodificación, se lleva a cabo la recuperación de la información de reloj y la velocidad de transmisión. Luego se lleva a cabo la recuperación del bloque de sincronización.

La quinta y sexta etapa consisten en la detección y corrección de errores, y en la decodificación de los códigos que contienen la información de direcciones y el mensaje como tal.

Todas las etapas pueden ser realizadas por un solo microprocesador. Cada 842 ms ($1\ 000\ 000 / 1\ 187,5$), el microprocesador recibirá un bit nuevo del flujo de datos RDS entregado por el demodulador, lo carga en un registro de desplazamiento de 26 bits, posteriormente procesa los datos en una de secuencia de 26 bits. Sin embargo, esto es cierto únicamente si el flujo de datos es síncrono, es decir, la posición de cada bit en el flujo de datos puede ser claramente interpretada. La pérdida de solo un bit significa que el microprocesador está recibiendo un flujo de datos asíncrono. En ese caso, una tarea, que consume más tiempo, debe ser realizada para poder recuperar el grupo y el bloque de sincronización.

Para adquirir un grupo y un bloque de sincronización en el receptor (por ejemplo, cuando el receptor se enciende por primera vez, sintoniza una nueva emisora, o después de un desvanecimiento prolongado de la señal), el síndrome debe ser calculado para cada secuencia de 26 bits recibida. Es decir, el síndrome de la secuencia almacenada actualmente, se calcula en cada pulso de reloj. Luego, con cada bit nuevo entrante, se realiza una multiplicación de la matriz H con los 26 bits contenidos en el registro de desplazamiento, el resultado de la multiplicación es el síndrome de 10 bits. Se debe comparar este síndrome con los otros seis síndromes conocidos:

- A (bloque 1)
- B (bloque 2)
- C (bloque 3 para el grupo A)
- C' (bloque 3 para el grupo B)
- D (bloque 4)
- E (este ocurre únicamente con RBDS y detecta los bloques de datos MMB en múltiplos de 4).

Si ocurre una coincidencia con 2 síndromes consecutivos, entonces se dice que el microprocesador se encuentra sincronizado con el flujo de datos. Por lo tanto, la sincronización ocurre cuando se detectan dos bloques de datos RDS consecutivos. Si la calidad de recepción es pobre, la decodificación requiere una gran cantidad de capacidad de procesamiento; pero si la recepción es buena, la tarea de decodificación es más liviana.

Con la recepción móvil, el flujo de datos RDS puede estar lleno de errores y una tasa de error del 50 por ciento es bastante frecuente, por lo general es consecuencia de un nivel de inyección bajo, el cual es proporcionado por la emisora de FM ($\pm 1,2$ kHz en casos críticos y $\pm 2,0$ kHz en la mayoría de casos). Otra causa puede ser el uso simultáneo del sistema ARI. Sin embargo, ya que se conoce la secuencia de los síndromes, el proceso de decodificación puede funcionar como un mecanismo de volante. Si se detecta un síndrome desconocido, el bloque respectivo está incorrecto; si el bloque 2 está incorrecto, puede que todo el grupo de datos sea inservible a menos que el error sea corregido.

Es muy importante detectar la pérdida de sincronía tan pronto como sea posible. Una posibilidad es comprobar frecuentemente el síndrome para la adquisición de sincronización. Sin embargo, los errores en el canal pueden hacer difícil la tarea de recibir continuamente los síndromes esperados y por lo tanto, la decisión debe ser basada en la información de varios bloques (por ejemplo, hasta 50 bloques). Otra posibilidad es comprobar el número de errores en cada bloque y basar la decisión sobre el número de errores en 50 bloques.

Una posibilidad para detectar corrimientos de 1 bit en la sincronización de bloques es usar el código PI, el cual usualmente no cambia nada en la transmisión. Si el código PI conocido se recibe correctamente, pero se

encuentra que un bit se desplazó hacia la derecha o hacia la izquierda, se detecta un corrimiento de un bit en la señal de reloj. El decodificador puede corregir inmediatamente el corrimiento en la señal de reloj.

2.7.1. Detección y corrección de errores

El código de detección de error que se utiliza en RDS, es un código de detección de una sola ráfaga y es capaz de corregir únicamente una ráfaga de errores de cinco bits o menos. Sin embargo, el uso de la capacidad total del código de detección, aumenta en gran medida la tasa de errores no detectados y reduce la fiabilidad del sistema de sincronización de bloque.

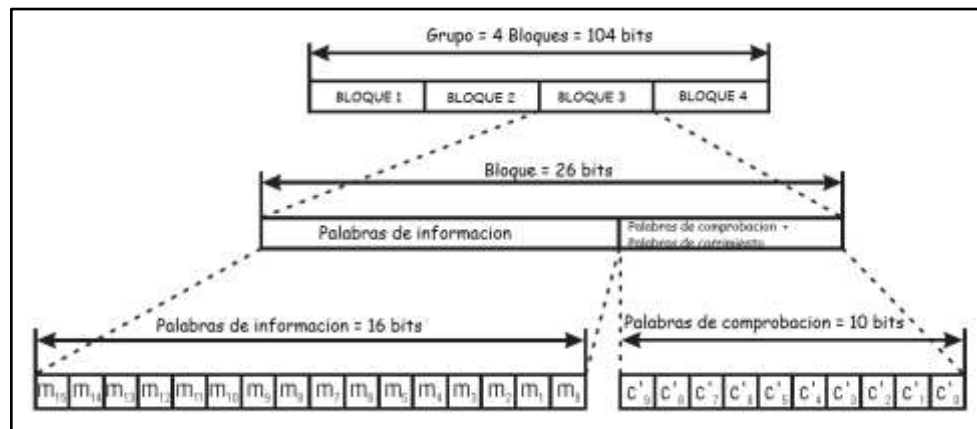
En la mayoría de los decodificadores experimentales utilizados para pruebas de campo, se observa que cuando el decodificador se encuentra buscando el bloque y grupo de sincronización, la función de corrección de errores no se utiliza en absoluto, esto permite que la función de detección de errores pueda ser utilizada en su capacidad máxima para detectar corrimientos en la sincronización. También se observa que cuando el decodificador ha adquirido grupo y bloque de sincronización, la corrección de errores debe ser activada, pero debe ser limitada a intentar corregir las ráfagas de errores que abarcan uno o dos bits. El decodificador debe tratar de detectar (y luego descartar) bloques con ráfagas de errores más largas.

2.7.2. Estructura de banda base codificada

El elemento más grande de la estructura de banda base codificada es denominado grupo y consta de 104 bits. Cada grupo está compuesto por 4 bloques de 26 bits cada uno. Cada bloque se compone de una palabra de información y una palabra de verificación. Cada palabra de información se

compone de 16 bits. Cada palabra de verificación se compone de 10 bits, tal y como se observa en la figura 3.

Figura 3. Estructura banda base codificada



Fuente: elaboración propia.

2.7.3. Orden de transmisión de los bits, protección contra errores e información de sincronización

Todas las palabras de información, palabras de comprobación, números binarios o valores de direcciones binarias tienen su bit más significativo en la primera posición. Por lo tanto, el último bit transmitido en un número o dirección binaria tiene un peso 2. La transmisión de datos es totalmente síncrona y no hay diferencias entre los grupos o bloques.

La palabra de comprobación y palabra de corrimiento añaden 10 bits para proporcionar la protección contra errores y la información de sincronización de grupo y de bloque. En cualquier grupo siempre se transmite primeramente el bloque 1 y el bloque 4 se transmite de último. Cada bloque de 26-bit transmitido

contiene una palabra de comprobación de 10 bits que se destina principalmente para permitir que el decodificador pueda detectar y corregir los errores que se producen en la transmisión. Esta palabra de comprobación es la suma, del remanente de la multiplicación x^{10} y la división por el polinomio generador, $g(x)$, de la palabra de información de 16 bits, y de una cadena binaria de 10 bits, $d(x)$, llamada palabra de corrimiento. En la palabra de corrimiento los valores son diferentes para cada bloque dentro de un grupo.

Lo anterior es cierto cuando el polinomio generador, $g(x)$ está definido por:

$$g(x) = x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^3 + 1$$

Las palabras de corrimiento se eligen de tal manera que el contenido del registro de corrimiento, no se interprete como una ráfaga de errores de 5 o menos bits cuando el polinomio de registro de corrimiento es girado. Ocho bits son utilizados para identificar las palabras de comprobación. Los dos bits restantes se ponen a nivel lógico cero.

Las palabras A, B, C, C' y D se utilizan para todas las aplicaciones, la palabra de corrimiento E es usada en múltiplos de cuatro cuando RDS y MMBS se transmiten simultáneamente. La palabra de corrimiento E no se ejecuta fuera de los Estados Unidos, pero de igual manera los receptores generalmente están diseñados para reconocer dicha palabra y no perder sincronía cuando la detectan.

Debido a que la adición de la palabra de corrimiento en el decodificador es reversible, las propiedades de detección y corrección de errores no se verán afectadas.

El código de protección de error puede detectar todos bits de error, ya sea simple o doble en un bloque, una ráfaga de error de 10 bits o menos y aproximadamente el 99,8 por ciento de las ráfagas que abarcan 11 bits y el 99,9 por ciento de ráfagas más largas.

El principio y el final de cada bloque de datos pueden ser reconocidos en el decodificador, usando el hecho que el decodificador podrá detectar corrimiento en la sincronización dentro de los bloques, así como los errores acumulativos. Este sistema de sincronización de bloque es confiable debido a la adición de las palabras de corrimiento. Las palabras de corrimiento destruyen la propiedad cíclica del código básico, para que en el código modificado los corrimientos cíclicos de palabras de código no den lugar a otras palabras de código diferentes.

2.7.4. Formato de mensaje y direccionamiento de grupo

Existen principios básicos en el diseño que sustenta el formato de mensaje y la estructura de direccionamiento, esto con la finalidad de permitir flexibilidad dentro del mensaje transmitido.

Los mensajes que se repiten con mayor frecuencia y para los cuales se requiere un tiempo de adquisición corto (códigos PI, PTY y TP) ocupan las mismas posiciones fijas dentro de cada grupo. Por tanto, pueden ser decodificados sin tener referencia a algún bloque fuera del que contiene la información.

No existe un ritmo constante de repetición de los diversos tipos de grupo; es decir, existe bastante flexibilidad para intercalar los diversos tipos de mensajes, esto permite al sistema adaptarse a las necesidades de transmisión

del operador en un momento dado, al mismo tiempo permite la evolución del sistema.

Es necesario el direccionamiento para identificar el contenido de la información de los bloques que no se repiten a tasas elevadas. Cada grupo es direccionado para identificar el contenido de la información de los grupos que contiene.

La mezcla de diferentes tipos de mensajes dentro de un mismo grupo se reduce al mínimo, por ejemplo: un tipo de grupo está reservado para la información básica de sintonización, otro para el texto de radio y así sucesivamente. Esto es importante para que los operadores de radio que no desean transmitir cierto tipo de mensajes no se vean obligados a perder la capacidad del canal, debido a la transmisión de grupos con los bloques no utilizados. En cambio, son capaces de repetir con más frecuencia el tipo de grupos que si desean transmitir.

Para permitir futuras aplicaciones, el formato de datos ha sido creado con una gran flexibilidad. Por ejemplo, la AOD se puede utilizar para la creación y posterior implementación de aplicaciones futuras.

El primer bloque en cada grupo siempre contiene un código PI.

Los primeros cuatro bits del segundo bloque de cada grupo se asignan a un código que especifica la aplicación del grupo. Los grupos serán referidos con un número de 0 a 15 de acuerdo a su peso binario $A_3 = 8$, $A_2 = 4$, $A_1 = 2$, $A_0 = 1$. Para cada tipo (de 0 a 15) se puede definir una versión, estas pueden ser A o B. La versión se especifica por el quinto bit (B_0) del bloque 2, si $B_0 = 0$ (versiones de tipo A; por ejemplo, 0A, 1A) se introduce el código de PI en el

bloque 1 solamente, en el caso que $B0 = 1$ (versiones del tipo B; por ejemplo, 0B, 1B) se introduce el código de PI en el bloque 1 y el bloque 3. En general, se transmite cualquier mezcla de los grupos de tipo A y B.

El PTY y el TP ocupan lugares fijos en el bloque 2 de cada grupo.

2.8. Fiabilidad de recepción de la señal RDS

Niveles relativamente bajos de inyección en la señal RDS con una desviación de $\pm 1\text{KHz}$, ofrecen un sistema confiable, pero solo bajo condiciones de recepción en las cuales se tienen un efecto de trayectoria múltiple pequeño o nulo. El efecto de trayectoria múltiple se produce por las reflexiones de la señal transmitida. En un receptor en movimiento, una vez que se produce el efecto de trayectoria múltiple, hay una gran disminución de la fiabilidad de la recepción. Sin embargo, se puede aumentar la fiabilidad mediante la repetición de datos en fracciones de segundo, cuando el receptor móvil pasa de un lugar donde tiene una recepción pobre a uno con una recepción adecuada.

2.8.1. Tasa de error

Es importante recordar que debido al uso de un decodificador diferencial en el demodulador, los errores ocurren generalmente en ráfagas de dos bits de longitud. Los errores individuales se producen únicamente cuando los bits adyacentes en el flujo de datos recibido, antes de la decodificación diferencial, son erróneos.

En el sistema RDS, la longitud de bloque encargado de la protección contra errores es de 26 bits. La probabilidad de una correcta recepción de los códigos PI únicamente se ve alterada por el ruido aleatorio, debido a la baja

intensidad de campo. La corrección de errores utilizada solo realiza la corrección de ráfagas de errores que abarcan hasta dos bits, si se detectan ráfagas de errores más largas serán rechazadas. La probabilidad de recibir los datos de un código PI de forma correcta, es análoga a la probabilidad de recepción de un bloque de RDS. Lo mismo ocurre para todos los demás tipos de mensajes que ocupan posiciones fijas dentro de los grupos y pueden ser decodificados sin referencia a ninguna información fuera del bloque que los contiene. En esta categoría se incluyen los códigos PI, PTY y TP.

Otros códigos requieren una correcta decodificación de la dirección de tipo de grupo y tal vez otra información, como la dirección del segmento de códigos PS. Inevitablemente, a mayor número de bloques RDS, menor es la probabilidad de recibir correctamente el mensaje completo. Sin embargo, en la mayoría de las aplicaciones que necesitan mensajes largos no es necesario recibir correctamente el mensaje completo antes de usar el mismo, ya que algunos caracteres faltantes o erróneos pueden ser fácilmente tolerados en los mensajes que se visualizan.

2.8.2. Área de cobertura

En un estudio llevado a cabo en Alemania para el código PI y las características de PS, la relación entre la desviación de la frecuencia RDS y el área de cobertura se determinó utilizando desviaciones de frecuencia de ± 1.2 kHz, $\pm 1,5$ kHz, y de $\pm 2,0$ kHz. El total de todas las áreas con fiabilidad de transmisión igual o superior a 90 por ciento fue designado como el área de cobertura RDS. El estudio demostró que en condiciones de recepción poco favorables, la fiabilidad de la transmisión y el área de cobertura, se pueden mejorar mediante el aumento de la desviación de frecuencia RDS. Un aumento

en el área de cobertura depende directamente de las condiciones de recepción que prevalezcan en la zona.

La transmisión simultánea de ARI reduce el área de cobertura. Las funciones que requieren tiempos de acceso cortos no deben ser instalados conjuntamente con redes ARI.

El uso de la corrección de errores no amplía significativamente el área de cobertura. En condiciones de recepción poco favorables, el uso de corrección de errores puede, definitivamente, mejorar la fiabilidad de la transmisión. Se puede mejorar la fiabilidad de la transmisión por medio de una mayor desviación de frecuencia RDS, esto influye directamente en el hecho que la señal RDS sea o no aceptada por un receptor. En este proceso, las señales que se reciben con una tasa de error baja tienen prioridad.

Existen servicios como TMC, DGPS, EWS que requieren tiempos de acceso cortos y un área de cobertura bastante amplia. Dado que la capacidad total de 11,4 grupos por segundo no permite la repetición frecuente de estos códigos dinámicos, estos requisitos se logran solo mediante el aumento de la desviación de frecuencia RDS.

3. MÉTODO CARTOGRÁFICO DE DETECCIÓN DE RADIODIFUSORAS ILEGALES

El método cartográfico de detección consiste en una estación de monitoreo estacionario, la cual se utiliza como centro de operaciones y unidades de monitoreo móvil, las cuales realizan el trabajo de monitoreo de las radiodifusoras de FM dentro del municipio de Mixco.

3.1. Ubicación geográfica del municipio de Mixco

El municipio de Mixco pertenece al departamento de Guatemala. Su longitud es $90^{\circ} 36' 23''$ oeste y su latitud es $14^{\circ} 37' 59''$ norte. Limita al norte con los municipios San Juan Sacatepéquez, San Pedro Sacatepéquez y Chinautla, al sur con Villa Nueva, al este con la ciudad de Guatemala y al oeste con el departamento de Sacatepéquez, tal y como se observa en la figura 4.

Figura 4. **Mapa del municipio de Mixco**



Fuente: elaboración propia, Google Earth.

3.2. **Emisoras de FM legales con cobertura en el municipio de Mixco**

En el municipio de Mixco operan un total de 50 radiodifusoras de forma legal, las cuales se detallan en la tabla II.

Tabla II. **Radiodifusoras de FM legales**

| Límite Inferior | Límite Superior | Propietario | Nombre |
|------------------------|------------------------|--------------------|---------------|
| 88,00 | 88,20 | Fabu Stereo | Fabuestereo |

Continuación de la tabla II.

| | | | |
|-------|-------|--|--------------------|
| 88,40 | 88,60 | Central de Radio, S. A. | Galaxia |
| 88,80 | 89,00 | Emisoras Unidas, S. A. | Fabulosa |
| 89,20 | 89,40 | Radio Istmania, S. A. | Radio Estrella |
| 89,60 | 89,80 | Stereo Miralvalle | Emisoras Unidas |
| 90,00 | 90,20 | Emisoras Unidas, S. A. | Yosi Sideral |
| 90,40 | 90,60 | Radio Organización Alius, S.A. | Radio Punto |
| 90,80 | 91,00 | Stereo Delta | Éxitos |
| 91,20 | 91,40 | Radio Red, S.A. | Ke buena |
| 91,60 | 91,80 | Promotora Radial Arcaso, S. A. | Rhema Stereo |
| 92,00 | 92,20 | Universidad de San Carlos de Guatemala | Radio Universidad |
| 92,40 | 92,60 | Miguel Alfredo González Gamarra | Los 40 Principales |
| 92,80 | 93,00 | Central de Radio, S. A. | Radio Disney |
| 93,20 | 93,40 | Carlos Lionel Echeverría Mirón | FM Joya |
| 93,60 | 93,80 | Edna Castillo Obregón | Radio Mia |
| 94,00 | 94,20 | María Emmy Herbruger Lemus | La Marca Reggaetón |
| 94,40 | 94,60 | Carmen Judith Salazar Vivar | La Sabrosona |
| 94,80 | 95,00 | Radio Corporación Nacional, S. A. | 949 Radio |
| 95,20 | 95,40 | Lorenzo Raúl Robles García | Radio Viva |
| 95,60 | 95,80 | Eleonora Girón de Rubens | Radio Ranchera |
| 96,00 | 96,20 | Operaciones y Negocios, S. A. | Nuevo Mundo Radio |
| 96,40 | 96,60 | Luis Ángel Pérez Hernández | Atmósfera |
| 96,80 | 97,00 | Sonora, S. A. | Radio Sonora |
| 97,20 | 97,40 | No definido | Alfa |

Continuación de la tabla II.

| | | | |
|--------|--------|--|---------------------|
| 97,60 | 97,80 | Olga Maribel Oliva Vélez Vda. de Bonilla | Kiss FM |
| 98,00 | 98,20 | Promotora Radial Arcaso, S. A. | Ilumina FM |
| 98,40 | 98,60 | Radio Mundial y Compañía Limitada | Radio Mundial |
| 98,80 | 99,00 | Inversiones Also, S. A. | Globo |
| 99,20 | 99,40 | Estéreo Sintonía, S. A. | La Grande |
| 99,60 | 99,80 | Promotora Radial Arcaso, S. A | Radio La Consentida |
| 100,00 | 100,20 | Iglesia El Shaddai Centro de Adiestramiento Cristiano | Radio Infinita |
| 100,40 | 100,60 | Central American Benevolent Association | Radio Cultural TGN |
| 100,80 | 101,00 | Promotora Radial Arcaso, S. A. | Doble SS |
| 101,20 | 101,40 | Promotora Radial Arcaso, S. A. | Xtrema |
| 101,60 | 101,80 | Marie Odette Liu Yon | Exa FM |
| 102,00 | 102,20 | Carlos Arturo González Estrada | Plus FM |
| 102,40 | 102,60 | Radio Corporación Nacional, S..A. | Fama |
| 102,80 | 103,00 | Ruggiero Alessandro Nicola Guiseppe Maria Mauro-Rohdio Herbruger | Radio Metro Stereo |
| 103,20 | 103,40 | Asociación Radio María | Radio María |
| 103,60 | 103,80 | Mario Estupinian Rodríguez | Fiesta |
| 104,00 | 10420 | Harold Osberto Caballeros López | Stereo Visión |

Continuación de la tabla II.

| | | | |
|--------|--------|---|---------------------|
| 104,40 | 104,60 | Ministerio de Cultura y Deportes | Radio Faro Cultural |
| 104,80 | 105,00 | Avagui, S. A. | Tropicalida |
| 105,20 | 105,40 | Miguel Alfredo González Gamarra | Radio Celebra |
| 105,60 | 105,80 | Iglesia Centroamericana de los Adventistas del Séptimo Día | Radio Nuevo Tiempo |
| 106,00 | 106,20 | Inversiones Also, S. A. | La Red |
| 106,40 | 106,60 | Promotora Radial Arcaso, S. A. | Clásica |
| 106,80 | 107,00 | Asociación de Servicios Educativos y Culturales, ASEC | Radio juy uy uy! |
| 107,20 | 107,40 | Dirección General de Radiodifusión | TGW |
| 107,60 | 107,80 | Luis Rene Eugenio Pellecer Solís | Mega |

Fuente: elaboración propia.

3.3. Ubicación geográfica del centro de monitoreo estacionario

El centro de monitoreo estacionario es el elemento central del monitoreo, ya que desde este centro se coordinan todas las actividades. Por esta razón, el centro de monitoreo debe tener un ubicación central. La ubicación recomendada es el centro del municipio, cerca del parque y la Municipalidad de Mixco, tal y como se muestra en la figura 5.

Figura 5. **Ubicación centro de monitoreo estacionario**



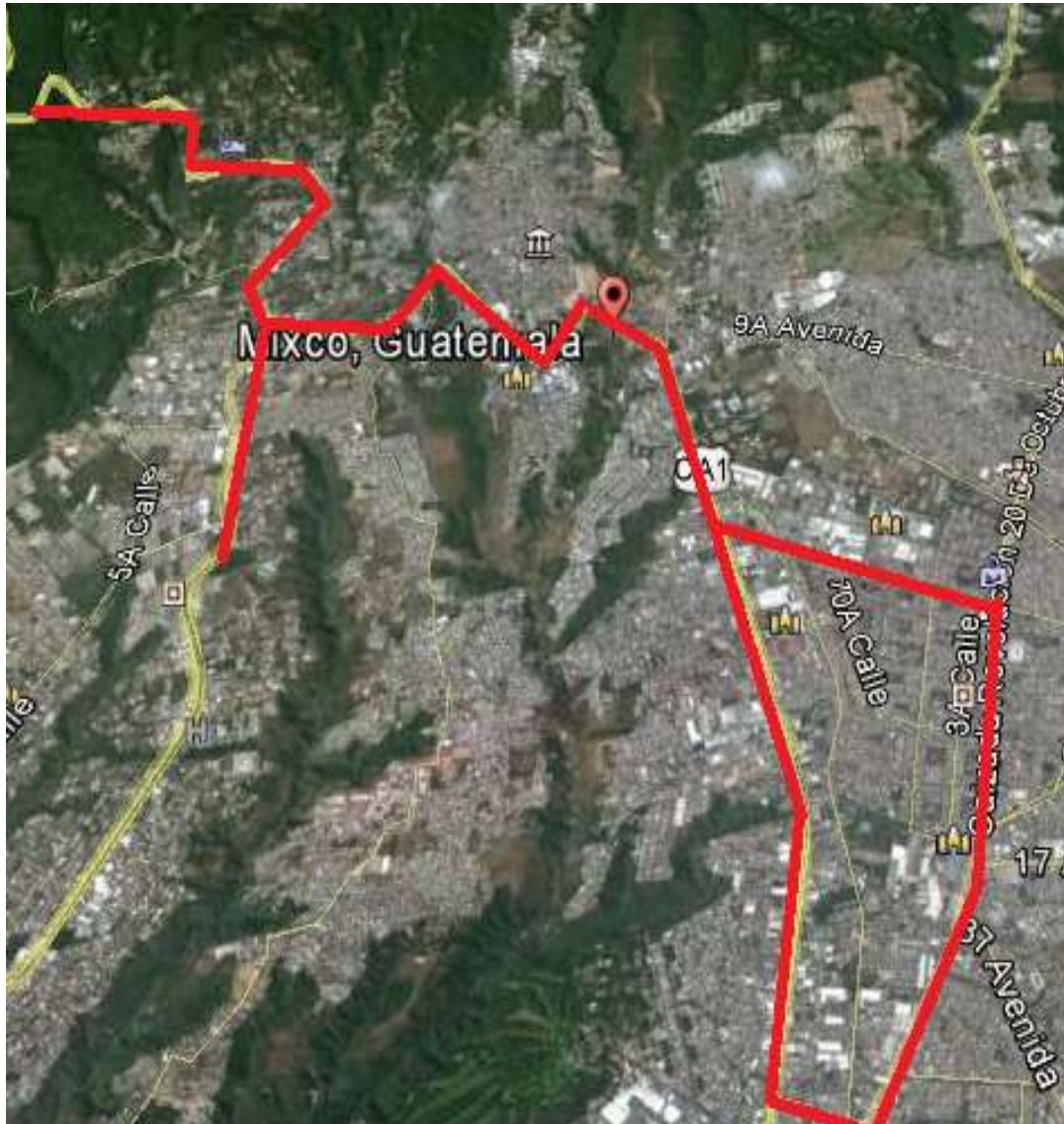
Fuente: elaboración propia, Google Earth.

3.4. **Rutas de monitoreo móvil**

El método de detección de radiodifusoras ilegales basa su funcionamiento en rutas de monitoreo móvil establecidas. Las rutas serán recorridas diariamente por 4 unidades móviles. Existen 2 rutas de monitoreo, cada ruta será monitoreada por 2 unidades móviles.

La primera ruta de monitoreo abarca la Calzada San Juan, luego gira hacia el Boulevard Tulam Tzu y llega hasta la colonia San Francisco. En la figura 6 se muestra la ruta número 1.

Figura 7. Ruta de monitoreo 2



Fuente: elaboración propia, Google Earth.

4. PROPUESTA DE UN SISTEMA DE DETECCIÓN DE RADIODIFUSORAS ILEGALES POR MEDIO DEL SISTEMA RDS

El sistema de detección basa su funcionamiento en el Sistema de Radio de Datos RDS, básicamente en una de sus funciones primarias, el código PI. Por medio del código PI de 16 bits de longitud, se puede visualizar el nombre de la emisora que se está sintonizando, esto será observado por la unidad de monitoreo móvil y retroalimentado a la unidad de monitoreo estacionaria.

4.1. Método de detección

Para realizar un correcto método de detección de radiodifusoras ilegales, se deben realizar los siguientes pasos:

- Se sintoniza una frecuencia determinada.
- Se visualiza en la pantalla de un radioreceptor digital el nombre de la emisora sintonizada, si no se visualiza el nombre se espera un lapso de 10 minutos y se vuelve a sintonizar esta frecuencia, si se observa que sigue sin aparecer el nombre se determina que esta radio es ilegal y se procede a realizar el paso Núm. 4.
- Conociendo el nombre de la emisora se compara contra una lista de radiodifusoras legales. Si la emisora aparece en esta lista se determina que está funcionando de manera legal y se regresa al paso Núm. 1, si la emisora no se encuentra dentro de la lista se determina que es una radiodifusora ilegal y procede a realizar el paso Núm. 4.

- Si la detección la realizó una unidad estacionaria se procede a dar aviso a 2 unidades móviles, para que inicien con el proceso de captura del rango de cobertura de la radio ilegal. Si la detección la realizó una unidad móvil, entonces se da aviso a una unidad estacionaria y esta coordina otra unidad móvil cercana para que apoye en el proceso de captura de rango de cobertura. En caso que el radio de cobertura sea muy amplio se puede proceder a dar aviso a una tercera unidad móvil para que apoye a las 2 unidades que ya se encuentran trabajando conjuntamente.
- Luego que las unidades móviles capturaron el rango de cobertura de la radio ilegal, se procede a delimitar el rango en un mapa, esto para poder analizar y buscar la posible ubicación de la antena transmisora.
- Se procede a dar aviso a las autoridades correspondientes, proporcionándole los mapas y las posibles ubicaciones de la antena transmisora.

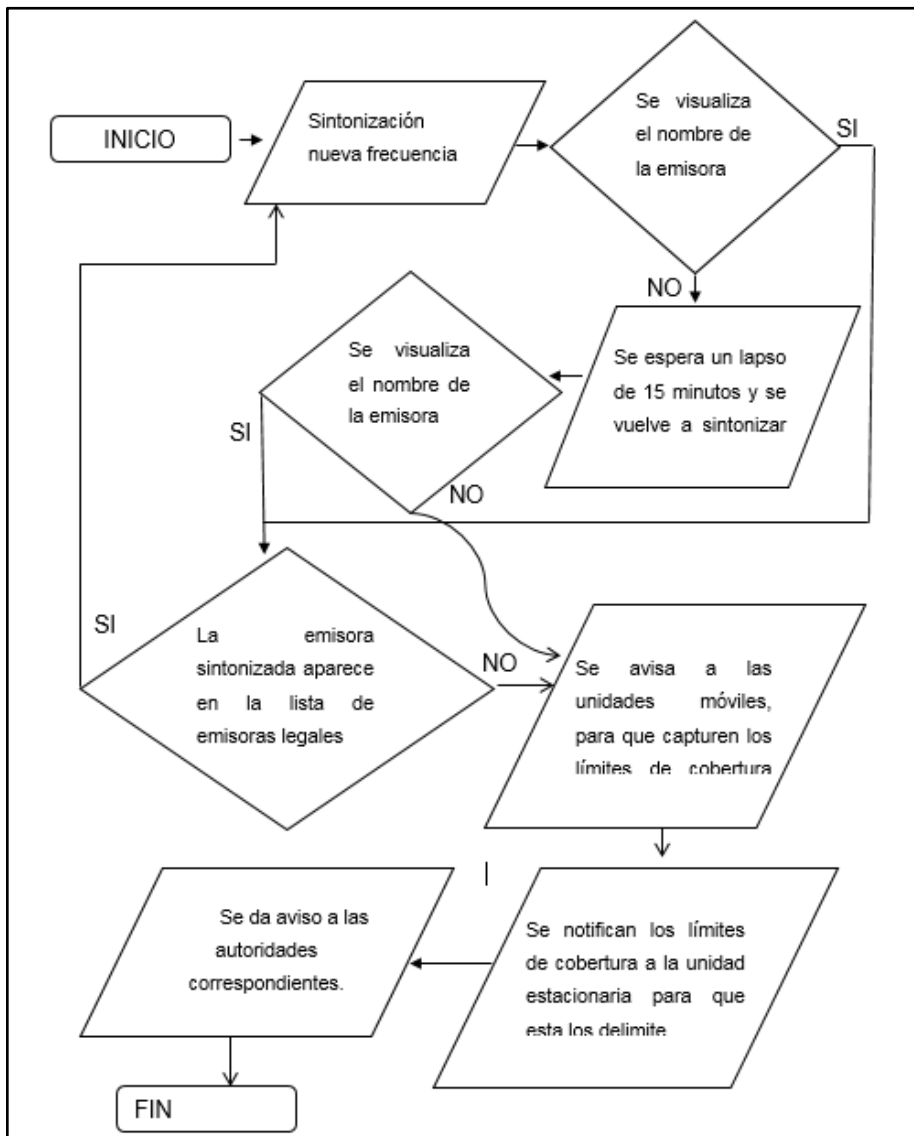
El diagrama de flujo del proceso de detección de radiodifusoras ilegales se muestra en la figura 8.

Es importante tener en cuenta que para poder visualizar el nombre de la emisora de FM sintonizada, es necesario el uso de un receptor digital.

Al momento de lograr establecer los límites geográficos de cobertura de una radiodifusora ilegal, se procede a delimitarlo en un mapa, para el mismo se utilizarán mapas virtuales, esto con el objetivo de visualizar de una mejor manera el tipo del terreno (bosque, montaña, cerro, planicie, entre otros) en el cual está operando la emisora ilegal.

En caso de que el rango de operación esté cerca de una montaña o en terreno boscoso se procederá a dar aviso inmediatamente a las autoridades, ya que las unidades móviles no deben entrar en este tipo de terrenos.

Figura 8. Diagrama de flujo método de detección



Fuente: elaboración propia.

El proceso de captura y delimitación del rango de operación debe realizarse de manera eficaz, ya que las radiodifusoras ilegales pueden operar de manera intermitente.

En el caso que alguna radiodifusora de FM legal no transmita una señal de FM + RDS, su frecuencia será eliminada del sistema de monitoreo.

4.2. Sistema final de monitoreo estacionario

El sistema de monitoreo estacionario consiste en un centro de acción fijo, el cual tiene como funciones monitorear constantemente las emisoras que tienen rango de cobertura en su ubicación geográfica, coordinar las actividades de las unidades móviles, delimitar los rangos de cobertura en mapas físicos, interacción y colaboración con las autoridades correspondientes.

4.2.1. Monitoreo de emisoras de FM

El monitoreo se realiza mediante la sintonización de las frecuencias de radiodifusoras de FM en un receptor digital. Al momento de sintonizar una emisora de FM, por ejemplo, se sintoniza la frecuencia 106,1 KHz, el operador debe visualizar en la pantalla del radioreceptor el nombre de la emisora correspondiente, para este caso sería Clásica 106.1, luego procederá a buscar dicha emisora en el listado de emisoras legales, de encontrarse en dicho listado el operador debe sintonizar una frecuencia diferente y vuelve a realizar el procedimiento descrito. En caso que en el radiorreceptor no aparezca el nombre de la emisora sintonizada o el nombre de la misma no se encuentre en el listado de emisoras legales, se procederá a notificar a las unidades móviles para su pronta intervención.

De encontrarse una radiodifusora ilegal deberá mantener sintonizada la frecuencia por un lapso de 1 hora, a fin de recabar información importante sobre la radiodifusora ilegal, tal como el nombre de la radiodifusora, el carácter de la programación que se transmite, el horario de funcionamiento, los nombres de los locutores, anuncios publicitarios e interacción con los radioescuchas.

4.2.2. Coordinación de las unidades móviles

Si se detecta una radiodifusora ilegal, se deberá coordinar inmediatamente con 2 unidades móviles el inicio de la captura del rango de cobertura. El centro de monitoreo estacionario deberá proporcionar a las unidades móviles información sobre la ubicación geográfica del centro de monitoreo estacionario, la frecuencia en la que se encuentra operando la radiodifusora ilegal, la hora de detección, así como cualquier otra información adicional recopilada durante el monitoreo.

4.2.3. Delimitación del rango de cobertura

Las unidades móviles deberán informar al centro de monitoreo estacionario cuando finalicen la captura del rango de cobertura de la radiodifusora ilegal, para que de comienzo la delimitación del rango de cobertura en un mapa físico. Terminada esta tarea se procederá a realizar el análisis sobre las posibles ubicaciones geográficas de la antena transmisora. Para poder realizar este análisis se deben tomar en cuenta parámetros geográficos como la altura del terreno, zonas boscosas cercanas, montañas, volcanes o cerros aledaños, edificios ubicados dentro del rango de cobertura.

Es importante tomar en cuenta estos parámetros debido a que gracias a ellos se puede tener una ubicación más exacta. Por ejemplo, si el rango de

cobertura es una zona plana y en algún lugar dentro o en las proximidades del rango de cobertura se ubica una montaña, existe una gran probabilidad que la ubicación de la antena transmisora se encuentre sobre la montaña.

Para el análisis de las posibles ubicaciones físicas de las antenas transmisoras, se tomará el concepto de que la antena tiene un patrón de radiación parabólico.

4.2.4. Interacción con las autoridades

Una vez determinadas las posibles ubicaciones geográficas de la antena trasmisora se procederá a dar aviso a la Superintendencia de Telecomunicaciones de Guatemala. Los datos que deben ser proporcionados son la hora y fecha de detección de la radiodifusora ilegal, el rango de cobertura, las posibles ubicaciones geográficas, información sobre la zona donde se encuentra la antena transmisora, así como cualquier otra información sobre la radiodifusora ilegal.

El tiempo máximo que debe pasar desde la detección de la radiodifusora ilegal, hasta el momento en que se da aviso a las SIT no debe sobrepasar las 24 horas, ya que la radiodifusora ilegal puede salir de funcionamiento en ese lapso de tiempo.

4.3. Sistema final de monitoreo móvil

El sistema de monitoreo móvil consiste en 4 vehículos tipo *pick-up* con dos operadores en cada vehículo. Las actividades que realizará cada unidad móvil son el monitoreo constante de las frecuencias que tienen cobertura en su ubicación geográfica temporal, encontrar los límites de recepción de la emisora

ilegal y notificar cualquier información adicional al centro de monitoreo estacionario.

4.3.1. Monitoreo móvil de las emisoras de FM

Las unidades móviles, al igual que el centro de monitoreo estacionario deben realizar un monitoreo constante de las radiodifusoras de FM que tienen cobertura en su ubicación temporal.

Las unidades móviles realizarán recorridos sobre rutas preestablecidas, durante estos recorridos sintonizarán diferentes frecuencias de radiodifusoras de FM, cada vez que sintonicen una nueva frecuencia FM deberán visualizar, en la pantalla del receptor digital, el nombre de la radiodifusora y buscarlo dentro del listado de radiodifusoras legales, de encontrarse en dicho listado se procederá a sintonizar una frecuencia diferente y realizar nuevamente el procedimiento descrito. En el caso de que en el receptor digital no se despliegue un nombre válido o que este no se encuentre dentro del listado de radiodifusoras legales, se procederá a notificar al centro de monitoreo estacionario, para que este coordine la movilización de otra unidad móvil al lugar y puedan dar inicio con la búsqueda de los límites de cobertura. Durante el proceso de búsqueda de los límites de cobertura, la unidad móvil debe mantener sintonizada la frecuencia de la radiodifusora ilegal para poder recabar información importante (nombre de la emisora, tipo de programación, anuncios publicitarios, indicios de su ubicación, entre otros) sobre la radiodifusora ilegal.

4.3.2. Búsqueda de límites de cobertura

Para realizar eficazmente la búsqueda de los límites de cobertura de una radiodifusora ilegal es necesario la intervención de 2 o más unidades móviles.

Las unidades móviles deben dirigirse en direcciones contrarias (norte y sur) y mantener una comunicación constante entre si y el centro de monitoreo estacionario. Cuando una unidad móvil deja de capturar la señal de la radiodifusora ilegal procede a dar aviso a la otra unidad móvil y al centro de monitoreo estacionario, posteriormente debe retornar al punto de partida. Cuando ambas unidades móviles se encuentren nuevamente en el punto de partida deben dirigirse en direcciones este y oeste y realizar el mismo procedimiento. Una vez se logren determinar los 4 límites de cobertura se procederá a compartir la información con el centro de monitoreo móvil para que este delimite el rango de cobertura.

4.4. Personal y equipo necesario para la implementación del sistema de monitoreo

El funcionamiento correcto de los sistemas de monitoreo móvil y estacionario requiere de personal capacitado, tanto técnica como administrativamente, que pueda realizar las diversas actividades de monitoreo y cálculo.

También será necesario el uso de instrumentos y herramientas técnicas, las cuales será utilizadas para el monitoreo de frecuencias y análisis de los rangos de coberturas.

En la tabla III se describen la planilla laboral necesaria para realizar todas las actividades, tanto técnicas como administrativas, de forma correcta y eficiente.

Tabla III. **Personal necesario**

| Puesto | Descripción del puesto | Nivel académico | Total puestos necesarios |
|------------------------------|--|---|---------------------------------|
| Jefe de monitoreo | Encargado del correcto funcionamiento de todo el sistema, deberá dirigir al personal de monitoreo estacionario y al de monitoreo móvil. | Ingeniero Electrónico con Maestría en Administración de Empresas. | 1 |
| Analista de cobertura | Encargado del proceso de delimitación del rango de cobertura de manera física sobre un mapa geográfico. También deberá analizar la posible ubicación de la antena transmisora. | Ingeniero Electrónico | 4 |
| Operador estacionario | Encargado de realizar el monitoreo constante de las emisoras de FM con cobertura dentro de su ubicación geográfica. | Diversificado | 2 |

Continuación de la tabla III.

| | | | |
|--------------------------|---|---------------|---|
| Operador móvil | Encargado de realizar el monitoreo constante de las emisoras de FM con cobertura dentro de su ubicación geográfica. | Diversificado | 4 |
| Conductor | Encargado de conducir las unidades móviles. | Diversificado | 4 |
| Intercomunicadora | Encargada de la interacción entre el centro de monitoreo estacionario y las unidades móviles. | Diversificado | 2 |
| Secretaria | Encargada de actividades administrativas. | Diversificado | 1 |
| Conserje | Encargado del mantenimiento del centro de monitoreo móvil. | ----- | 2 |

Fuente: elaboración propia.

En la tabla IV se detalla el equipo, herramientas y maquinaria necesarios para el funcionamiento del sistema:

Tabla IV. **Equipo necesario**

| Detalle | Descripción del uso | Total de elementos necesarios |
|-------------------------------------|--|--------------------------------------|
| Vehículo tipo <i>pick-up</i> | Su funcionamiento será como unidades de monitoreo móvil. | 4 |
| Radorreceptor digital | Su uso será para el monitoreo del PI de la frecuencia sintonizada. | 10 |
| Laptop | Almacenaje de información varia y de los listados de radiodifusoras legales. También se utilizarán para el proceso de delimitación del rango de cobertura. | 12 |
| Equipos varios | Equipo y útiles de oficina. | ---- |

Fuente: elaboración propia.

5. ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO

El sistema de monitoreo requiere de una inversión inicial, la cual puede ser financiada por un ente público como la Superintendencia de Telecomunicaciones de Guatemala o por un inversionista privado, en ambos casos, con el fin de generar ganancias y recuperar la inversión, se puede ofrecer el servicio a las radiodifusoras que operan en el municipio de Mixco, las cuales deben pagar una cuota mensual por el monitoreo de sus frecuencias.

5.1. Inversión a nivel económico

Existen 2 inversiones a considerar, la primera es la inversión que debe realizar una radiodifusora para implementar el sistema RDS en su transmisión y la segunda es la implementación del sistema de monitoreo.

En la tabla V se detalla la inversión necesaria para la implementación del Sistema de Radio de Datos en una radiodifusora de FM, la proyección está basada en Codificador RDS básico, él cual cuenta con las características primarias de RDS.

Tabla V. **Inversión económica para la implementación del RDS**

| Elemento | Precio unitario | Elementos necesarios | Costo total |
|---|------------------------|-----------------------------|--------------------|
| Codificador RDS | Q 10 250,00 | 1 | Q 10 250,00 |
| Computadora para manejar RT | Q 9 000,00 | 1 | Q 9 000,00 |
| Cables de interconexión | ----- | ----- | Q 2 500,00 |
| Personal encargado de la implementación | ----- | ----- | Q 10 000,00 |
| TOTAL INVERSIÓN | | | Q 31 750,00 |

Fuente: elaboración propia.

La inversión aproximada de Q 31 750,00 no toma en cuenta el costo de los transmisores, antenas, equipos de regulación de energía, sistema de potencia, rack y guías de onda, ya que el sistema RDS únicamente inyectará su señal en la señal de FM, por lo cual no necesita que estos elementos sean dedicados a su funcionamiento exclusivamente.

En la tabla VI se detalla la inversión necesaria para la implementación del sistema de monitoreo.

Tabla VI. **Inversión económica para la implementación del sistema de monitoreo**

| Elemento o equipo | Precio unitario | Elementos necesarios | Costo total |
|---|-----------------|----------------------|---------------------|
| Vehículo tipo <i>pick-up</i> | Q 150 000,00 | 4 | Q 600 000,00 |
| Radioreceptor digital | Q 1 000,00 | 10 | Q 10 000,00 |
| Laptop destinadas al centro de monitoreo estacionario y móvil | Q 6 500,00 | 12 | Q 78 000,00 |
| Equipo vario de oficina | ----- | ----- | Q 5 500 00 |
| INVERSIÓN TOTAL | | | Q 693 500,00 |

Fuente: elaboración propia.

El pago de mensual de la planilla se detalla en la tabla VII.

Tabla VII. **Planilla mensual**

| Puesto | Total puestos | Sueldo individual | Sueldo total |
|--------------------------------|---------------|-------------------|---------------------|
| Jefe de monitoreo | 1 | Q 20 000,00 | Q 20 000,00 |
| Analista de cobertura | 4 | Q 12 000,00 | Q 48 000,00 |
| Operador FM estacionario | 2 | Q 3 700,00 | Q 7 400,00 |
| Operador FM móvil | 4 | Q 4 500,00 | Q 18 000,00 |
| Conductor | 4 | Q 4 500,00 | Q 18 000,00 |
| Intercomunicadora | 2 | Q 3 700,00 | Q 7 400,00 |
| Secretaria | 1 | Q 3 700,00 | Q 3 700,00 |
| Conserje | 2 | Q 2 700,00 | Q 5 400,00 |
| TOTAL SUELDOS MENSUALES | | | Q 127 900,00 |

Fuente: elaboración propia.

Los gastos de mantenimiento mensual necesarios para el correcto funcionamiento del sistema de monitoreo móvil y estacionario se detallan en la tabla VIII.

Tabla VIII. **Gastos de mantenimiento mensual**

| Tipo de gasto | Total |
|--------------------------------------|--------------------|
| Gasolina unidades móviles | Q 8 000,00 |
| Servicio de agua potable | Q 650,00 |
| Servicio energía eléctrica | Q 2 000,00 |
| Servicio telefónico | Q 1 000,00 |
| Servicio internet | Q 500,00 |
| Servicio recolección de basura | Q 45,00 |
| Compra de suministros | Q 500,00 |
| TOTAL GASTOS DE MANTENIMIENTO | Q 12 695,00 |

Fuente: elaboración propia.

Suponiendo que al inicio de las operaciones se cuenten con un total de 15 radiodifusoras legales afiliadas al servicio, la cuota mensual que cada una debe pagar es de Q 20 000,00; con esto se obtiene un ingresos mensual total de Q 300 000,00. En la tabla IX se observa el balance financiero mensual del sistema de monitoreo.

Tabla IX. **Balance económico mensual**

| | Ingresos | Egresos |
|-------------------------|--------------|-----------------------|
| Planilla mensual | | Q 127 900,00 |
| Gastos de mantenimiento | | Q 12 695,00 |
| Couta mensual | Q 300 000,00 | |
| Balance mensual | | + Q 159 405,00 |

Fuente: elaboración propia

En la tabla X se muestra el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial del sistema de monitoreo. Suponiendo que se tenga una ganancia mensual fija de Q 159 405,00 el tiempo necesario para recuperar la inversión es de 5 meses aproximadamente.

Tabla X. **Tiempo necesario para la recuperación de la inversión**

| | |
|---|----------------|
| Inversión Inicial | Q 693 500,00 |
| Ganancia Mensual | Q 159 405,00 |
| Tiempo necesario para recuperar la inversión inicial | 5 meses |

Fuente: elaboración propia

5.2. **Análisis de factibilidad del sistema de monitoreo para una radiodifusora de FM**

Como se mencionó, una radiodifusora de FM debe realizar una doble inversión, la primera en implementar el servicio RDS y la segunda en contratar el servicio de monitoreo. Los beneficios de implementar el sistema RDS en su señal de FM, aparte del hecho de poder optar por el sistema de monitoreo, son:

- Mejor aprovechamiento del ancho de banda: ahora en el mismo ancho de banda no solo se transmitirá FM sino que también RDS.
- Mejora la recepción: gracias a la característica de sintonización automática, no perderán radioescuchas debido a mala señal, ya que por medio de RDS el receptor del radio escucha buscará una red cercana y sintonizará automáticamente la emisora deseada.
- Mejora las prestaciones: los usuarios que cuenten con un receptor digital gozarán de muchos beneficios adicionales como el poder identificar la canción que está sonando, el nombre del programa y muchos más, estos beneficios influyen directamente en la decisión que toma el escucha al momento de elegir que emisora sintonizará. Esto influye directamente en la aceptación general que la emisora tienen sobre una población.

El gasto mensual en que debe incurrir una emisora por el servicio de monitoreo de su frecuencia, es relativamente bajo comparado con las pérdidas que provoca la usurpación ilegal de su frecuencia, ya que esta genera problemas como la distorsión de la señal debido a la interferencia de señales a una misma frecuencia, confusión de los escuchas, ya que al momento en que una radiodifusora ilegal entra en funcionamiento en una frecuencia determinada, los escuchas habituales de dicha frecuencia se confunden por el cambio de programación.

Todos los problemas anteriores generan malestar dentro de los radio escuchas, lo cual provoca que dejen de sintonizar dicha frecuencia o incluso hablen mal de la radiodifusora. Como es sabido, una radiodifusora de FM sobrevive en gran parte a los anuncios publicitarios que intercalan entre su programación, pero si el porcentaje de escuchas de esa emisora desciende a

niveles bajos, las marcas que pagan por espacios publicitarios dejarán de hacerlo, lo que representa una gran pérdida económica para la emisora.

Se puede concluir que Q 20 000,00 es un costo factible comparado con las pérdidas y problemas que la usurpación ilegal de una frecuencia representa para una radiodifusora de FM.

CONCLUSIONES

1. La radiodifusión en Guatemala inició de manera artesanal. Durante la Revolución de 1944 y con ayuda del gobierno de Estados Unidos, se perfeccionan las técnicas de transmisión mediante la creación de las primeras radiodifusoras ilegales.
2. El Sistema de Radio de Datos optimiza la utilización del ancho de banda del canal de transmisión, mediante la inclusión de funciones digitales en la señal de FM.
3. El método cartográfico de detección de radiodifusoras ilegales se basa en dos rutas de monitoreo preestablecidas de manera que se optimice el rango de captación.
4. El sistema de monitoreo de radios ilegales basa su funcionamiento en el monitoreo de los datos digitales transmitidos, en la función PI de Sistema de Radio de Datos. Estos datos contienen el nombre de la radiodifusora que los transmite.
5. La implementación del sistema de monitoreo necesita una inversión inicial de Q 693 500,00; esta inversión será recuperada en un tiempo de 6 meses. Para una radiodifusora legal, la cuota mensual de Q 20 000,00 es viable comparada con las pérdidas que ocasiona la usurpación de su frecuencia.

RECOMENDACIONES

1. Al momento de implementar un sistema RDS se puede elegir un codificador dinámico de gama alta, ya que estos proporcionan características primarias y secundarias.
2. El código enviado dentro de la función PI puede variar dependiendo de los criterios de transmisión, por lo que es importante hacer una referencia al nombre de la radiodifusora.
3. Se debe tomar en cuenta el desgaste de los vehículos de monitoreo móvil, debido al uso diario que se le dará a los mismos.
4. Las rutas móviles están diseñadas para carreteras asfaltadas, aunque si se desea se pueden añadir carreteras de terracería y con esto se amplía aún más el rango de cobertura.
5. Realizar un balance anual del número de radiodifusoras clientes y la cuota mensual cobrada a cada una, para poder visualizar futuros ingresos.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALMORZA ALPÍREZ, Antonio. *Historia de la radiodifusión guatemalteca*. Guatemala: San Antonio, 1994. 206 p.
2. BAUER PAIZ, Alfonso. *Escritos de un militante de la revolución del 20 de octubre de 1944*. Guatemala: Editorial Universitaria, 1994. 258 p.
3. BOYLESTAD, Robert; NASHELSKY, Louis. *Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos*. Mendoza, Carlos (trad.); Suárez, Agustín (rev. tec.). 8a ed. México: Pearson Educación, 2003. 1040 p. ISBN: 970-26-0436-2.
4. DIETMAR, Kopitz; BEV, Marks. *RDS: The radio data system*. Estados Unidos: Artech House, 1998. 376 p. ISBN: 0890067449.
5. DUNGAN, Frank. *Sistemas electrónicos de telecomunicación: electrónica de los sistemas, técnicas y circuitos, técnicas de modulación, analógicas y digitales, líneas de transmisión, ondas de radio, propagación, antenas*. España: Paraninfo, 1993. 435 p.
6. Electrónica SI. *RDS (radio data system) principios* [en línea]. <<http://www.electronicasi.com/wp-content/uploads/2013/05/Equipos-de-sonido-Radio-Data-System.pdf>>. [Consulta: 24 de julio del 2014].

7. GARCIA FERREIRA, Roberto. *Operaciones en contra: la CIA y el exilio de Jacobo Arbenz*. Guatemala: FLACSO, 2013. 255 p. ISBN: 978-9929-585-21-8
8. GARCÍA MENDEZ, Arturo. *Análisis descriptivo histórico del desarrollo de la radiodifusión en el departamento de Izabal*. Guatemala: USAC, 2009. 90 p.
9. INFORMACIÓN LIBRE 200. *Historia de la Revolución del 20 de octubre de 1944 en Guatemala* [en línea]. <<https://informacionlibre2000.wordpress.com/2012/10/12/historia-de-la-revolucion-del-20-de-octubre-de-1944-en-guatemala>>. [Consulta: 14 de marzo del 2014].
10. INTERACTIVE RADIO SYSTEM. *Specifications of the radio data system (RDS) for VHF/FM sound broadcasting in the frequency range from 87,5 to 108,0 MHz* [en línea]. <http://www.interactive-radio-system.com/docs/EN50067_RDS_Standard.pdf>. [Consulta: 03 de agosto del 2014].
11. PEPPINO BARALE, Ana María. *Radio educativa, popular y comunitaria en América Latina: origen, evolución y perspectivas*. México: Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, 1999. 378 p. ISBN: 96-8856-689-6.
12. RADIO-ELECTRONICS. *RDS – Radio Data System* [en línea]. <<http://www.radio-electronics.com/info/broadcast/rds/radio-data-system-basics-tutorial.php>>. [Consulta: 28 de julio del 2014].

13. SALA DE REDACCIÓN. *Radio comunitaria: su historia ante un estado racista en Guatemala y sus fundamentos jurídicos* [en línea]. <
<http://saladeredaccion.com/revista/wp-content/uploads/downloads/2013/01/Radio-Comunitaria-Su-historia....pdf>>. [Consulta: 20 de marzo del 2014].

14. SCHWARTZ, Mischa. *Transmisión de información, modulación y ruido: enfoque unificado de los sistemas de comunicación*. 3a ed. México: McGraw-Hill, 1994. 685 p. ISBN: 96-8451-3643.

