



**“Implementación de un sistema de telecomunicaciones VHF mediante un enlace inalámbrico para establecer comunicación entre el campus Latacunga centro, el campus Latacunga Belisario Quevedo de la universidad de las Fuerzas Armadas Espe y la Brigada de Fuerzas Especiales N.º 9 Patria”.**

Manzaba Romero, Edwin Richard

Departamento De Eléctrica y Electrónica

Carrera de Electrónica Mención Instrumentación Y Aviónica

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de tecnólogo en Electrónica

Mención Instrumentación y Aviónica

Ing. Caicedo Altamirano, Fernando Sebastián

10 de Julio del 2020



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y**  
**AVIÓNICA**

**2 CERTIFICACIÓN**

Certifico que la monografía, **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES VHF MEDIANTE UN ENLACE INALÁMBRICO PARA ESTABLECER COMUNICACIÓN ENTRE EL CAMPUS LATACUNGA CENTRO, EL CAMPUS LATACUNGA BELISARIO QUEVEDO DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE Y LA BRIGADA DE FUERZAS ESPECIALES N.º 9 PATRIA”** fue realizado por el señor **Manzaba Romero, Edwin Richard**, la cual ha sido revisada y analizada en su totalidad por la herramienta de verificación, de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustenten públicamente.

Latacunga, 10 de julio del 2020

---

**Ing. Caicedo Altamirano, Fernando Sebastián**

**C.C.: 180393502-0**



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y**  
**AVIÓNICA**

**3 RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA**

Yo, **Manzaba Romero, Edwin Richard**, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES VHF MEDIANTE UN ENLACE INALÁMBRICO PARA ESTABLECER COMUNICACIÓN ENTRE EL CAMPUS LATACUNGA CENTRO, EL CAMPUS LATACUNGA BELISARIO QUEVEDO DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE Y LA BRIGADA DE FUERZAS ESPECIALES N.º 9 PATRIA”**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas. Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Latacunga, 10 de julio del 2020

**Manzaba Romero, Edwin Richard**

**C.C.: 1804413209**



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y**  
**AVIÓNICA**

**4 AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN**

Yo, **Manzaba Romero, Edwin Richard**, Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES VHF MEDIANTE UN ENLACE INALÁMBRICO PARA ESTABLECER COMUNICACIÓN ENTRE EL CAMPUS LATACUNGA CENTRO, EL CAMPUS LATACUNGA BELISARIO QUEVEDO DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE Y LA BRIGADA DE FUERZAS ESPECIALES N.º 9 PATRIA”**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 10 de julio del 2020

---

**Manzaba Romero, Edwin Richard**

**C.C.: 1804413209**

## 5 DEDICATORIA

Primeramente, quiero agradecer y darle las gracias por el presente trabajo a Dios, por guiarme y bendecirme, brindándome la sabiduría necesaria, que con esfuerzo y las ganas de superación he sabido salir adelante.

A mis hijos Hassan y Matías quienes son mi pilar fundamental de motivación, que con su amor incondicional me llenan de fuerza y valor para salir adelante y cumplir con todas mis metas y objetivos trazados.

De igual manera este trabajo le dedico a mis padres quienes me han inculcado valores esenciales para hacer de mí, una persona de bien, pulcra y honesta ante cualquier adversidad y a quienes que de alguna manera me han apoyado para hacer posible este trabajo de titulación.

## 6 AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por brindarme salud, fuerza y vida para seguir adelante en el cumplimiento de mis objetivos y metas propuestas, a mi esposa e hijos quienes son mi más grande motivación para ser un mejor ser humano y un ejemplo de superación, a mis padres que siempre han estado pendientes de mi bienestar brindándome su cariño y apoyo incondicional.

Al Glorioso Ejército Ecuatoriano por haberme brindado la oportunidad de cursar los estudios universitarios, a la Unidad de Gestión de Tecnologías de las Fuerzas Armadas – ESPE, de manera especial al tutor de mi proyecto de titulación Ing. Fernando Caicedo, que gracias a su apoyo hoy puedo culminar este trabajo. Y a todos mis compañeros y familiares que de alguna u otra manera me ayudaron a cumplir esta meta de una manera desinteresada.

<b>7</b>	<b>INDICE DE CONTENIDOS</b>	
<b>1</b>	<b>CARÁTULA</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>CERTIFICACIÓN</b> .....	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA</b> .....	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN</b> .....	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>6</b>
<b>6</b>	<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>7</b>
<b>7</b>	<b>INDICE DE CONTENIDOS</b> .....	<b>8</b>
<b>8</b>	<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>19</b>
<b>9</b>	<b>INDICE DE TABLAS</b> .....	<b>24</b>
<b>10</b>	<b>RESUMEN</b> .....	<b>25</b>
<b>11</b>	<b>ABSTRACT</b> .....	<b>26</b>
<b>12</b>	<b>Tema</b> .....	<b>27</b>
12.1	Antecedentes .....	27
12.2	Planteamiento del problema .....	29
12.3	Justificación.....	31
12.4	Objetivos .....	32
12.4.1	Objetivo general .....	32
12.4.2	Objetivos específicos .....	33
12.5	Alcance .....	33
<b>13</b>	<b>Marco Teórico</b> .....	<b>34</b>
13.1	Espectro electromagnético .....	34
13.1.1	División del espectro electromagnético .....	34
13.2	Ondas Electromagnéticas.....	35



13.2.1	Características de las ondas electromagnéticas.....	36
a.	Velocidad de propagación de las ondas $v$ .....	36
b.	Longitud de onda $\lambda$ .....	36
c.	Periodo $T$ .....	36
d.	Frecuencia $f$ .....	37
e.	Amplitud $A$ .....	37
13.2.2	Relación entre las magnitudes que definen una onda .....	37
13.3	Efectos de Radio propagación.....	38
13.3.1	Absorción .....	38
13.3.2	Atenuación .....	40
13.3.3	Dispersión .....	41
a.	Selectiva: .....	41
b.	No Selectiva.....	42
13.3.4	Reflexión .....	43
13.3.5	Refracción .....	44
13.3.6	Difracción .....	45
13.3.7	Desvanecimiento.....	46
13.3.8	Efecto Doppler .....	47
13.3.9	Diversidad y multitrayecto .....	48
13.3.10	Climatología .....	48
13.4	Espectro Radioeléctrico.....	49

	10
13.4.1	Clasificación del espectro radioeléctrico.....50
a.	Very Low Frequency (VLF) .....51
b.	Low Frequency (LF) .....52
c.	Medium Frequency (MF) .....52
d.	High Frequency (HF).....53
d.1.	Bandas altas o diurnas .....53
d.2.	Bandas bajas o nocturnas .....53
d.3.	Bandas intermedias.....54
e.	Very High Frequency (VHF) .....54
e.1.	Parámetros para alcance de una radio VHF .....55
f.	Ultra High Frequency (UHF) .....55
g.	Super High Frequency (SHF) .....56
h.	Extra High Frequency (EHF) .....56
13.5	Sistemas de radiocomunicaciones .....57
13.5.1	Esquema y componentes del sistema .....58
a.	Modos de transmisión.....58
a.1.	Simplex: .....58
a.2.	Half-dúplex o semidúplex .....58
a.3.	Full-dúplex o dúplex .....59
13.5.2	Componentes de un sistema de radiocomunicaciones.....59
a.	Radios portátiles .....59

		11
	b. Radios móviles .....	60
	c. Estación base (radio base).....	60
	d. Estación Repetidor.....	61
13.6	Antenas .....	62
13.6.1	Parámetros de una antena .....	62
	a. Ancho de banda.....	63
	b. Directividad .....	63
	c. Ganancia .....	63
	d. Rendimiento de la antena .....	64
	e. Impedancia .....	64
	f. Anchura de haz .....	64
	g. Polarización .....	65
13.7	Ruido e Interferencia .....	66
13.7.1	Interferencia .....	66
	a. Tipos de Interferencia .....	66
	a.1. Interferencia constructiva y destructiva de dos ondas.....	
	Desfasadas.....	66
	a.2. Interferencia de dos pulsos.....	66
13.8	Ruido.....	67
13.8.1	Causas.....	67
13.8.2	Tipos de Ruido .....	68

	12
a. Ruido de Disparo .....	68
a. Ruido Interno .....	68
a. Ruido térmico.....	68
a. Ruidos no correlacionados externos .....	68
a. Ruido atmosférico .....	68
a. Ruido cósmico .....	69
13.8.3 Tipos de antenas.....	69
a. Antena Isotrópica.....	70
b. Antenas de Hilo .....	70
c. Monopolo vertical.....	71
d. Dipolo .....	71
e. Espira .....	72
f. Antenas Helicoidal.....	73
g. Antenas Yagi-Uda.....	73
h. Antenas de Apertura .....	74
i. Antenas Planas .....	75
j. Antenas con Reflector (Parabólicas) .....	76
k. Arrays .....	77
13.9 Radioenlaces.....	78
13.9.1 Clasificación de radioenlaces .....	78
a. Según los destinatarios de la transmisión .....	79

	13
b. Según el flujo de la transmisión .....	79
c. Según la intervención de estaciones espaciales .....	79
d. Según el sentido de la transmisión en comunicaciones con satélites	79
e. Según el servicio.....	79
f. Otros .....	79
13.9.2 Presupuesto de potencia de enlace .....	79
13.9.3 Elementos de un presupuesto de enlace.....	79
a. El lado de la transmisión.....	81
a.1. Potencia de Transmisión .....	81
a.2. Pérdida del cable.....	82
a.3. Pérdidas en los conectores .....	83
a.4. Amplificadores.....	84
a.5. Ganancia de Antena.....	85
b. Pérdidas de propagación .....	86
b.1. Pérdidas en el espacio libre.....	86
b.2. Zona de Fresnel .....	87
b.3. La curvatura de la tierra.....	91
c. Lado Receptor (Rx).....	93
c.1. Ganancia de la antena desde el receptor .....	93
c.2. Amplificadores desde el receptor.....	93
c.3. Sensibilidad del receptor .....	93

	14
c.4. Margen y Relación S/N.....	94
13.9.4 Conversión de unidades para radioenlace .....	95
a. Conversión de Watt a dBm .....	95
b. dBm (dB referido a un mW) .....	95
c. dBi (decibel respecto a la isotrópica).....	95
13.9.5 Regulación jerárquica del espectro radioeléctrico en Ecuador .....	96
13.9.6 Aspectos económicos de la Gestión del Espectro Radioeléctrico en.... Ecuador.....	97
a. Canon por uso del espectro radioeléctrico .....	97
13.9.7 Radio Mobile. ....	98
<b>14 Desarrollo del proyecto.....</b>	<b>100</b>
14.1 Zona Geográfica del Cantón Latacunga .....	100
14.2 Localización geográfica de las estaciones de radio y repetidor .....	100
14.3 Especificaciones técnicas de los equipos a emplear .....	101
14.4 Cálculos para el radioenlace .....	101
14.4.1 Belisario – Putzalahua.....	102
a. Potencia de transmisión.....	102
b. Pérdida en el espacio libre.....	102
c. Pire .....	103
d. Zonas de Fresnel.....	103
e. Potencia recibida .....	105
f. Margen de desvanecimiento .....	105

	15
14.4.2	Putzalahua – Espe Belisario..... 106
a.	Potencia de transmisión..... 106
b.	Pérdida en el espacio libre..... 106
c.	Pire ..... 106
d.	Zonas de Fresnel..... 107
e.	Potencia recibida ..... 108
f.	Margen de desvanecimiento ..... 109
14.4.3	Espe centro – Putzalahua ..... 109
a.	Potencia de transmisión..... 109
b.	Pérdida en el espacio libre..... 109
c.	Pire ..... 109
d.	Zonas de Fresnel..... 110
e.	Potencia recibida ..... 110
f.	Margen de desvanecimiento ..... 111
14.4.4	Putzalahua - Espe centro ..... 111
a.	Potencia de transmisión..... 111
b.	Pérdida en el espacio libre..... 111
c.	Pire ..... 112
d.	Zonas de Fresnel..... 112
e.	Potencia recibida ..... 113
f.	Margen de desvanecimiento ..... 113

	16
14.4.5	Brigada de Fuerzas Especiales – Putzalahua ..... 113
a.	Potencia de transmisión..... 113
b.	Pérdida en el espacio libre..... 113
c.	Pire ..... 114
d.	Zonas de Fresnel..... 114
e.	Potencia recibida ..... 115
f.	Margen de desvanecimiento ..... 115
14.4.6	Putzalahua – Brigada de Fuerzas Especiales Patria ..... 115
a.	Potencia de transmisión..... 115
b.	Pérdida en el espacio libre..... 115
c.	Pire ..... 116
d.	Zonas de Fresnel..... 116
e.	Potencia recibida ..... 117
f.	Margen de desvanecimiento ..... 117
14.4.7	Vehicular chasqui – portátil cerro Putzalahua..... 117
a.	Potencia de transmisión..... 117
b.	Pérdida en el espacio libre..... 118
c.	Pire ..... 118
d.	Zonas de Fresnel..... 118
e.	Potencia recibida ..... 119
f.	Margen de desvanecimiento ..... 119



	17
14.4.8 Portátil cerro Putzalahua – vehicular Chaqui.....	119
a. Potencia de transmisión.....	119
b. Pérdida en el espacio libre.....	120
c. Pire .....	120
d. Zonas de Fresnel.....	120
e. Potencia recibida .....	121
f. Margen de desvanecimiento .....	121
14.5 Configuración del radioenlace en radio Mobile .....	121
14.6 Visualización geográfica de repetidora y las estaciones de radio .....	133
14.7 Resultados proporcionados por radio Mobile.....	134
14.8 Instalación de drivers y configuración.....	146
14.9 Configuración de repetidora, estaciones móviles y portátiles.....	147
14.9.1 Repetidora NXR – 710 .....	147
14.9.2 Configuración de radios Kenwood NX 200 y NX 700.....	152
14.10 Análisis de resultados.....	154
<b>15 Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>160</b>
15.1 Conclusiones.....	160
15.2 Recomendaciones.....	161
<b>16 GLOSARIO DE TÉRMINOS.....</b>	<b>162</b>
<b>17 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>163</b>
<b>18 ANEXOS .....</b>	<b>175</b>

ANEXO A: REPETIDOR KENWOOD NXR 710

ANEXO B: RADIO KENWOOD NX 700

ANEXO C: RADIO KENWOOD NX 200

## 8 INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> División del espectro electromagnético.....	34
<b>Figura 2</b> Propagación de las ondas electromagnéticas.....	36
<b>Figura 3</b> Magnitudes características de las ondas .....	37
<b>Figura 4</b> Absorción de energía en un cambio de medio de transmisión .....	39
<b>Figura 5</b> Atenuación de ondas electromagnéticas .....	41
<b>Figura 6</b> Dispersión de ondas electromagnéticas .....	42
<b>Figura 7</b> Dispersión Troposférica.....	43
<b>Figura 8</b> Reflexión de una onda, con el mismo ángulo de incidencia .....	44
<b>Figura 9</b> Fenómeno de la Refracción.....	44
<b>Figura 10</b> Difracción de una onda de radio .....	45
<b>Figura 11</b> Desvanecimiento de ondas electromagnéticas .....	46
<b>Figura 12</b> Efecto Doppler.....	47
<b>Figura 13</b> Diversidad y multitrayecto.....	48
<b>Figura 14</b> Climatología en la transmisión de ondas.....	49
<b>Figura 15</b> Servicios de radiocomunicaciones disponibles en cada subbanda .....	50
<b>Figura 16</b> Esquema de un sistema de radiocomunicaciones .....	57
<b>Figura 17</b> Esquema básico de un sistema de radiocomunicaciones .....	58

	20
<b>Figura 18</b> Componentes de una radio portátiles .....	59
<b>Figura 19</b> Radios Móviles .....	60
<b>Figura 20</b> Estación base .....	61
<b>Figura 21</b> Estación repetidora .....	62
<b>Figura 22</b> Anchura de haz.....	65
<b>Figura 23</b> Interferencia constructiva y destructiva de dos ondas desfasadas .....	66
<b>Figura 24</b> Interferencia de dos pulsos.....	66
<b>Figura 25</b> Relación señal – ruido .....	67
<b>Figura 26</b> Antena Isotrópica.....	70
<b>Figura 27</b> Antena monopolo vertical .....	71
<b>Figura 28</b> Antena dipolo.....	72
<b>Figura 29</b> Antena forma de espira.....	72
<b>Figura 30</b> Antena Helicoidal.....	73
<b>Figura 31</b> Antena Yagi-Uda .....	74
<b>Figura 32</b> Antenas de apertura (bocinas).....	75
<b>Figura 33</b> Antena plana .....	75
<b>Figura 34</b> Antenas con reflectores .....	77
<b>Figura 35</b> Array de antenas parabólicas .....	78

	21
<b>Figura 36</b> Array de antenas de hilo .....	78
<b>Figura 37</b> Trayectoria completa de transmisión entre el transmisor y receptor.....	80
<b>Figura 38</b> Potencia en dBm en función de la distancia para un radioenlace .....	81
<b>Figura 39</b> Señal y Ruido con y sin amplificar .....	85
<b>Figura 40</b> Frente de onda superando un obstáculo.....	88
<b>Figura 41</b> Zonas de Fresnel.....	88
<b>Figura 42</b> Primera zona de Fresnel.....	90
<b>Figura 43</b> Curva de haz electromagnético .....	92
Figura 44. Regulación jerárquica del espectro radioeléctrico de Ecuador.....	96
<b>Figura 45.</b> Mapa mundial creado en Radio Mobile .....	99
<b>Figura 46</b> Propiedades del mapa .....	122
<b>Figura 47</b> Propiedades de las unidades.....	123
<b>Figura 48</b> Propiedades de las redes .....	124
<b>Figura 49</b> .....	125
<b>Figura 50</b> Sistema Repetidor .....	126
<b>Figura 51</b> Sistema Portátil.....	126
<b>Figura 52</b> Sistema Fija.....	127
<b>Figura 53</b> Sistema Vehicular.....	127

	22
<b>Figura 54</b> Red Putzalahua - Espe Centro .....	129
<b>Figura 55</b> Red Espe Centro Putzalahua.....	130
<b>Figura 56</b> Red Espe Belisario - Putzalahua .....	130
<b>Figura 57</b> Red Brigada de F.E. Patria - Putzalahua .....	131
<b>Figura 58</b> Red Vehicular Chasqui - Putzalahua .....	132
<b>Figura 59</b> Repetidora y las Estaciones de Radio .....	133
<b>Figura 60</b> Enlace de Radio Putzalahua - Espe Centro .....	134
<b>Figura 61</b> Enlace de radio Espe Centro - Putzalahua .....	135
<b>Figura 62</b> Enlace de Radio Espe Belisario - Putzalahua .....	135
<b>Figura 63</b> Enlace de Radio Putzalahua - Espe Belisario .....	136
<b>Figura 64</b> Enlace de radio Brigada F.E Patria - Putzalahua .....	136
<b>Figura 65</b> Enlace de radio Putzalahua - Brigada de F.E. Patria .....	137
<b>Figura 66</b> Enlace de radio Vehicular Chasqui - Putzalahua .....	137
<b>Figura 67</b> Enlace de radio Putzalahua - Vehicular Chasqui .....	138
<b>Figura 68</b> Visualización aérea real del radioenlace .....	139
<b>Figura 69</b> Combinar imágenes sobre caminos.....	140
<b>Figura 70</b> Cobertura de radio polar .....	141
<b>Figura 71</b> Cobertura geográfica radioeléctrica .....	143

	23
<b>Figura 72</b> Visualización geográfica cartesiano combinado.....	144
<b>Figura 73</b> Cobertura de red por interferencia .....	144
<b>Figura 74</b> Radioenlace con vista en Google Earth .....	145
<b>Figura 75</b> Cables para conexión pc – repetidora NXR - 710 .....	146
<b>Figura 76</b> Administrador de dispositivos .....	147
<b>Figura 77</b> Reconocimiento de puertos de comunicación.....	148
<b>Figura 78</b> Leer datos cargados de la Repetidora NXR - 710.....	149
<b>Figura 79</b> Configuración del canal a programar .....	149
<b>Figura 80</b> Asignación de operación de botones a la repetidora.....	151
<b>Figura 81</b> Información de repetidora NXR - 710.....	152
<b>Figura 82</b> Configuración de canal 1 de las radios fijas, móviles y portátiles .....	152
<b>Figura 83</b> Configuración del canal 2 .....	153
<b>Figura 84</b> Configuración del canal 3 .....	154

## 9 INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Atenuación por absorción en diversos materiales .....	39
<b>Tabla 2</b> Clasificación del Espectro radioeléctrico .....	50
<b>Tabla 3</b> Ejemplo de potencia de transmisión de una tarjeta inalámbrica IEEE 802,11..... a/b típica .....	82
<b>Tabla 4</b> Valores típicos de pérdida en los cables para 2,4 GHz.....	83
<b>Tabla 5</b> Pérdidas en Espacio Abierto (PEA) en dB para diferentes distancias y..... frecuencias .....	87
<b>Tabla 6</b> Radio (m) para la primera zona de Fresnel .....	91
<b>Tabla 7</b> Valores típicos de la sensibilidad del receptor de las tarjetas de red..... inalámbrica .....	93
<b>Tabla 8.</b> Localización geográfica de las estaciones de la Red Espe.....	100
<b>Tabla 9.</b> Especificaciones técnicas de equipos a emplear.....	101
<b>Tabla 10</b> Niveles de señal de cobertura .....	142
<b>Tabla 11.</b> Asignación de frecuencias a canales.....	155
<b>Tabla 12.</b> Cobertura modo Simplex.....	156
<b>Tabla 13.</b> Cobertura de enlace de radio entre estaciones de radio principales.....	157
<b>Tabla 14.</b> Cobertura entre estaciones de radio y repetidora modo digital.....	158



## 10 RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo la implementación de un sistema de telecomunicaciones VHF para establecer comunicación entre el campus Latacunga centro, el campus Latacunga Belisario Quevedo de la universidad de las Fuerzas Armadas Espe y la Brigada de Fuerzas Especiales N.º 9 Patria”, realiza los cálculos del presupuesto de enlace, así como también exponer los pasos a realizar para la configuración y programación entre las estaciones de radio y la repetidora que se lo evidencia en el software de simulación Radio Mobile. Este sistema establece comunicación vía radio entre las diferentes estaciones que se encuentran instaladas en la Espe centro, Espe Belisario Quevedo y la Brigada de Fuerzas Especiales N.º 9 Patria, que son de gran ayuda y beneficio para el mando militar, que, si fuera el caso de caerse las redes de operadoras de servicios de telefonía fijas y móviles existentes, estas estaciones de radio podrán establecer comunicación sin ningún problema entre ellas. Los equipos de radio han sido programados para que trabajen en modo analógico y digital según los requerimientos del usuario, las mismas que trabajarán en un rango de frecuencias comprendida entre 152,3150 MHz y 153,3750 MHz, las mismas que están dentro de los estándares de frecuencias para el funcionamiento de un radioenlace en la banda (VHF).

- **Palabras clave:**

- **ENLACE**
- **SIMULACIÓN**
- **FRECUENCIA**
- **IMPLEMENTACIÓN**

## 11 ABSTRACT

This project aims to implement a VHF telecommunications system to establish communication between the campus Latacunga Centro, the campus Latacunga Belisario Quevedo of the University of the Armed Forces and the Special Forces Brigade No. 9 Patria", makes the calculations of the link budget, as well as expose the steps to be taken for the configuration and programming between the radio stations and the repeater that is evident in the simulation software Radio Mobile. This system establishes communication via radio between the different stations that are installed in the Espe centro, Espe Belisario Quevedo and the Brigada de Fuerzas Especiales No. 9 Patria, which are of great help and benefit to the military command, that, if it were the case that the networks of operators of fixed and mobile telephone services were to fall, these radio stations would be able to establish communication without any problem between them. The radio equipment has been programmed to work in analog and digital mode according to the user's requirements, which will work in a frequency range between 152.3150 MHz and 153.3750 MHz, which are within the frequency standards for the operation of a radio link in the band (VHF).

- **Keywords:**

- **LINK**
- **SIMULATION**
- **FREQUENCY**
- **IMPLEMENTATION**

## 12 Tema

“Implementación de un sistema de telecomunicaciones VHF para establecer comunicación entre el campus Latacunga centro, el campus Latacunga Belisario Quevedo de la universidad de las fuerzas armadas ESPE y la brigada de fuerzas especiales n.º 9 patria”.

### 12.1 Antecedentes

Hoy en día los sistemas inalámbricos son ampliamente utilizados, tales como: los sistemas de telefonía móvil, las redes de datos inalámbricos, la televisión digital terrestre o los radioenlaces punto a punto. Para el correcto funcionamiento de estos sistemas resulta crucial un diseño adecuado, el análisis de atenuación, el cálculo del balance de potencias, la estimación de los niveles de ruido e interferencia y el conocimiento de las distintas modalidades y fenómenos de propagación radioeléctrica, entre otras. (Pascual, 2015)

Una comunicación radioenlace se define como cualquier interconexión realizada entre los terminales de telecomunicación mediante ondas electromagnéticas, a través de un medio no guiado, también llamadas STL, Studio Transmitter Link (Enlace Estudio Transmisor). Las frecuencias en las que trabajan estas ondas, se sitúan al rango de microondas, es decir, en el espectro de las altas frecuencias (300 Mhz a 300 GHz) con una longitud de onda entre 1m a 1mm, aunque lo más común es el uso de frecuencias super elevadas (SHF, Super High Frequency) donde se superan los 3Ghz. Sobre esta información, se definen las dos frecuencias que se utilizan para la comunicación, siendo una para la portadora modulada de transmisión y otra para la otra portadora de recepción. Este concepto de comunicación, se define como comunicación de tipo dúplex, donde las frecuencias de emisión y recepción constituyen el radio canal. (Menendez, 2018)

Por la relevancia del tema se han realizado trabajos, tales como los que se indican a continuación:

Experiencias como las de Silvio Larrea Viteri, Freddy Fernando Valverde, David Arturo Salazar, Jimmy Silvano Saavedra, José Andrés Intriago, Juan Carlos Ruilova, Fabián Aurelio Sarmiento (2010) de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, Carrera de Telecomunicaciones, ubicada en la ciudad de Guayaquil – Ecuador, con su trabajo de investigación cuyo tema dice: “ESTUDIO DEL ESTANDAR HOME RF LITE CON NORMALIZACIONES PARA COMUNICACIONES VIA RADIO, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CUARTO DE TELECOMUNICACIONES CON CONEXIONES DE EQUIPOS PARA VOZ Y DATOS EN LA FINCA LIMONCITO”. (Larrea Viteri, y otros, 2010), concluyen que en un sistema de radio comunicación el repetidor recibe en una frecuencia y simultáneamente transmite en otra frecuencia, la propagación de la frecuencia de transmisión de los radios dependientes del repetidor, debe corresponder a la frecuencia de recepción programada en el repetidor y viceversa, dando como resultado que un repetidor se instala en un sitio alto con el objeto de incrementar la cobertura.

También se tiene la experiencia de Cristian César Cedeño Malla (2013) de la Escuela Politécnica Nacional del Litoral de la Carrera de Electrónica y Telecomunicaciones ubicada en la ciudad de Quito – Ecuador, con su trabajo de investigación cuyo tema dice: “ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RADIO COMUNICACIÓN EN LA BANDA UHF PARA LA COMPAÑÍA DE TAXIS LOS ANDES EN LA CIUDAD DE CAYAMBE” (MALLA, 2013), concluye que en los sistemas que trabajan con radiofrecuencia se debe considerar varios aspectos como por ejemplo el tipo de línea de transmisión, conectores, antenas y todos los accesorios o elementos necesarios para el funcionamiento óptimo del sistema de comunicación, al utilizar los

elementos adecuados se minimiza las pérdidas que pueden existir al momento de instalar la antena, dando como resultado que con los parámetros correctos para el funcionamiento del sistema de radio comunicación se podrá realizar un correcto diseño y a la vez se cubrirá las necesidades requeridas por la compañía.

Por lo expuesto es necesario que se realice un análisis técnico y se implemente un sistema de telecomunicaciones entre el campus Latacunga centro, el campus Latacunga Belisario Quevedo de la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe y la Brigada de Fuerzas Especiales N.º 9 Patria, que conlleven a la explotación del material y equipo disponible para la transmisión y recepción de voz, mejorando significativamente el control y monitoreo de las disposiciones para el personal administrativo y de las operaciones militares en los diferentes puntos estratégicos para su desenvolvimiento.

## **12.2 Planteamiento del problema**

Con más de 90 años de historia, la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE es considerada una de las más emblemáticas del país por su constante innovación y aporte al desarrollo productivo del Ecuador. Fundada en 1922, la Universidad se distingue por entregar soluciones prácticas a las necesidades y preocupaciones de la sociedad ecuatoriana, contribuyendo a la generación de nuevos conocimientos a través de la docencia, la investigación y la vinculación con la sociedad. En el 2014, fue catalogada por el prestigioso Ranking Mundial de Universidades QS entre las 250 mejores de América Latina y la cuarta mejor del Ecuador (ESPE, 2019). Integrada por el campus matriz en Sangolquí, las sedes Latacunga y Santo Domingo de los Tsáchilas, así como las Unidades Académicas Especiales y el Instituto de Idiomas. En el Campus Espe Latacunga se adquirió material y equipos óptimos para el funcionamiento de un sistema de comunicación, pero se ha verificado que no se lo está empleando para dicho fin y desde la creación del Campus Latacunga Belisario Quevedo para el fortalecimiento del

desarrollo académico de la institución se vio la necesidad de equipar con equipos innovadores las instalaciones, pero se ha verificado que no cuenta con un sistema de radiocomunicación que sea capaz de conectar inalámbricamente el Campus Latacunga Centro y el Campus Latacunga Belisario Quevedo, para el control de las disposiciones al personal administrativo y militar existente entre estos campus y de igual manera para establecer comunicación con la Brigada de Fuerzas Especiales N.º 9 “Patria” para el fortalecimiento de las operaciones militares ejecutadas en la provincia de Latacunga.

Esto ha dado origen a:

- El personal civil y militar no aproveche los recursos tecnológicos con los que cuenta la Espe Campus Latacunga Centro.
- El material de telecomunicaciones disponible en las bodegas de la Espe Campus Latacunga Centro por el tiempo de inoperatividad ni de su empleo, comiencen a deteriorarse y a su vez tienda a dañarse.
- No exista un sistema de radiocomunicación para el funcionamiento de un sistema de comunicación inalámbrico entre los diferentes puntos considerados para su implementación.
- Los estudiantes que siguen la carrera de telecomunicaciones no exploten estos recursos para el desarrollo de prácticas, de tal manera que perjudique el proceso de enseñanza – aprendizaje de los alumnos.

De no solucionarse lo expuesto seguirán estos equipos tecnológicos deteriorándose y continuando así con la inoperatividad de los mismos y sin el funcionamiento de un sistema de comunicación que es muy necesario para el desarrollo de prácticas, disposiciones, así como también para operaciones civiles y militares posteriores.

Por lo mencionado es necesario que la Espe Campus Latacunga Centro implemente estos equipos inoperativos en un sistema de telecomunicaciones entre los diferentes puntos estratégicos establecidos para el funcionamiento del mismo.

### **12.3 Justificación**

La Universidad de las Fuerzas Armadas- ESPE es reconocida, como un referente a nivel nacional y regional por su contribución en el ámbito de sus dominios académicos, al fortalecimiento de la Seguridad y la Defensa, bajo un marco de valores éticos, cívicos y de servicio a la comunidad, por tal motivo se fortalecía notablemente las disposiciones administrativas, las operaciones militares con la implementación de un sistema de radiocomunicación que comunique el campus Latacunga centro, el campus Latacunga Belisario Quevedo de la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe y la Brigada de Fuerzas Especiales N.º 9 Patria.

Así como también ayuda a:

- Poder comunicarnos entre varios equipos móviles y fijos en un área determinada.
- Mejorar las operaciones militares de la Brigada de Fuerzas Especiales N.º 9 “Patria”, para brindar mayor seguridad a la ciudadanía.
- Permite llegar a zonas donde no sería rentable instalar cable.
- Coste bajo de despliegue y rápida instalación sin obras.
- Optimizar recursos y transmitir grandes cantidades de información.
- Tolerante a condiciones meteorológicas adversas.
- Dispone de ancho de banda configurable soportando cientos de usuarios por canal.

- Desarrollar habilidades y destrezas de los estudiantes que estudian la carrera de telecomunicaciones.

Es por ello que el proyecto se justifica teniendo como argumento la necesidad de mejorar la comunicación inalámbrica para el desarrollo de las operaciones civiles y militares entre el campus Latacunga centro, el campus Latacunga Belisario Quevedo de la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe y la Brigada de Fuerzas Especiales N.º 9 Patria, por eso se propone la implementación de un sistema de telecomunicaciones inalámbrico proporcionando comunicación entre los puntos mencionados.

Se beneficiarán del presente trabajo investigativo, estudiantes, personal de servidores públicos y personal militar puesto que contarán con un sistema de radiocomunicación con equipos innovados para su implementación y funcionamiento.

Los resultados permitirán que la institución pueda cumplir con parámetros exigidos para su funcionamiento, de igual manera ayudará a mejorar la imagen institucional.

Por lo mencionado es importante que el campus Latacunga centro, el campus Latacunga Belisario Quevedo de la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe y la Brigada de Fuerzas Especiales N.º 9 Patria, dispongan de un sistema de telecomunicaciones para el desarrollo de prácticas, disposiciones, operaciones civiles y militares que faciliten el buen vivir de la ciudadanía de la provincia Cotopaxi, cantón Latacunga.

## **12.4 Objetivos**

### **12.4.1 Objetivo general**

- Implementar un sistema de telecomunicaciones VHF mediante un enlace inalámbrico para establecer comunicación entre el campus Latacunga centro, el



campus Latacunga Belisario Quevedo de la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe y la Brigada de Fuerzas Especiales N.º 9 Patria.

#### **12.4.2 Objetivos específicos**

- Realizar un análisis técnico para la implementación de un sistema de radiocomunicación inalámbrico.
- Configurar los dispositivos de telecomunicaciones para el funcionamiento de un enlace inalámbrico.
- Verificar el sistema de telecomunicaciones con pruebas de funcionamiento y corrección de errores.

#### **12.5 Alcance**

El presente trabajo investigativo abarca realizar un análisis técnico de los equipos a utilizar y los puntos con los que voy a establecer comunicación, para su posterior configuración e implementación de un sistema de telecomunicaciones VHF entre el campus Latacunga centro, el campus Latacunga Belisario Quevedo de la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe y la Brigada de Fuerzas Especiales N.º 9, mediante la utilización de equipos, materiales, herramientas tecnológicas en el ámbito de las telecomunicaciones para lo cual se utilizarán estaciones bases y móviles, una repetidora que se instalará en el cerro Putzalahua para la transmisión y recepción de señales de voz, beneficiando de esta manera la oferta académica de la institución, el fortalecimiento de las disposiciones a personal administrativo, operaciones militares, se facilitará el proceso de enseñanza aprendizaje por parte de los docentes hacia los estudiantes que siguen la carrera de telecomunicaciones.

Además, servirá de fuente de información y consulta para estudiantes interesados en temas relacionados a este proyecto.

## 13 Marco Teórico

### 13.1 Espectro electromagnético

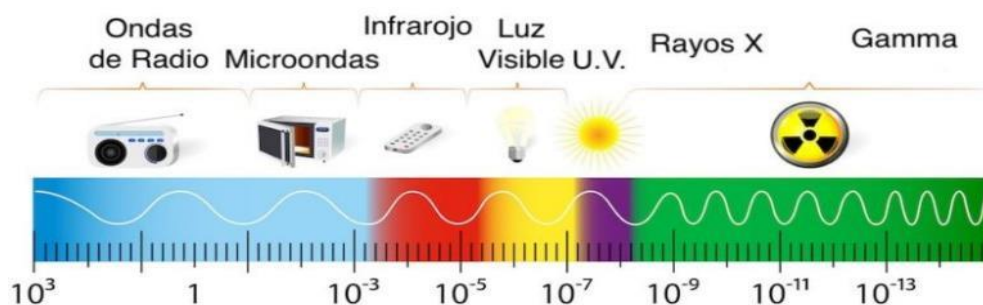
El espectro electromagnético es el conjunto de frecuencias a las que se produce radiación electromagnética. Es decir, es la unión o agrupación de todas las frecuencias probables con las cuales se podría establecer una comunicación a las ondas electromagnéticas que nos rodean. El espectro radioeléctrico, por su parte, es un fragmento o una parte de todo el espectro electromagnético que se diferencia por las probabilidades que posee para el estudio de las radiocomunicaciones, tales como la transmisión de información por medios no guiados: microondas terrestres, satélites, ondas de radio (Huidobro y Ordoñez , 2014).

#### 13.1.1 División del espectro electromagnético

“No todas las ondas electromagnéticas tienen el mismo comportamiento en el medio de propagación ni la misma forma de interacción con la materia. Por ello, el espectro radioeléctrico se divide en segmentos o bandas de frecuencia” (...) (Huidobro & Ordoñez, 2014, pág. 178).

**Figura 1**

*División del espectro electromagnético*



Nota: Está figura indica la división del espectro electromagnético. Tomada de *Concepto.de* [Figura]. Por M. E. Raffino, Argentina, 2020, <https://concepto.de/espectro-electromagnetico/>.

### 13.2 Ondas Electromagnéticas

Una onda electromagnética es la propagación simultánea de los campos eléctrico y magnético producidos por una carga eléctrica en movimiento. Se define la propagación como un mecanismo de transporte de energía en el espacio y tiempo. Una onda es una propagación de una perturbación de alguna propiedad en un medio determinado. (...). (Ordoñez, 2015)

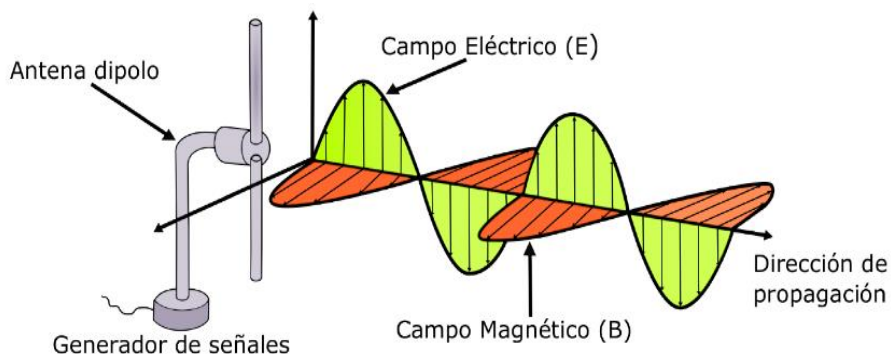
Las ondas electromagnéticas se propagan a una velocidad constante muy alta (300 000 Km/s) pero no infinita). Gracias a ello podemos observar la luz emitida por una estrella lejana hace tanto tiempo que quizás esa estrella haya desaparecido ya. O enterarnos de un suceso que ocurre a miles de kilómetros prácticamente en el instante de producirse. (Villasuso, 2014)

Las principales características de las ondas electromagnéticas son las siguientes:

**No necesitan un medio para propagarse:** pueden propagarse en el vacío o en cualquier otro medio. (Ordoñez, 2015)

**Son tridimensionales:** se propagan en las tres direcciones del espacio. (Ordoñez, 2015)

**Son transversales:** la perturbación se produce perpendicularmente a la dirección de propagación. (Ordoñez, 2015)

**Figura 2***Propagación de las ondas electromagnéticas*

Nota: Esta figura indica la forma de propagarse las ondas electromagnéticas. Tomado de *Instituto de Ingeniería Eléctrica – Esopo [Figura]*, por C. Agustín, 2017,

<https://iie.fing.edu.uy/proyectos/esopo/oem/>

**13.2.1 Características de las ondas electromagnéticas**

Las magnitudes que definen a una onda son:

**a. Velocidad de propagación de las ondas ( $v$ )**

“Rapidez con la que se propaga una onda. Es igual a la longitud de onda multiplicada por la frecuencia. La velocidad de la luz en el vacío es que es igual a 3000.000 km/s” (Peralta, 2014).

**b. Longitud de onda ( $\lambda$ )**

“Es la distancia que separa dos puntos consecutivos de dicha onda que vibran de idéntica manera. Se expresa en metros” (Gallardo, 2012, pág. 152).

**c. Periodo ( $T$ )**

“Es el tiempo que tarda la perturbación en recorrer una longitud de onda. Coincide con el tiempo que tarda un punto en realizar una vibración completa. Se expresa en segundos” (Gallardo, 2012, pág. 152).

**d. Frecuencia ( $f$ )**

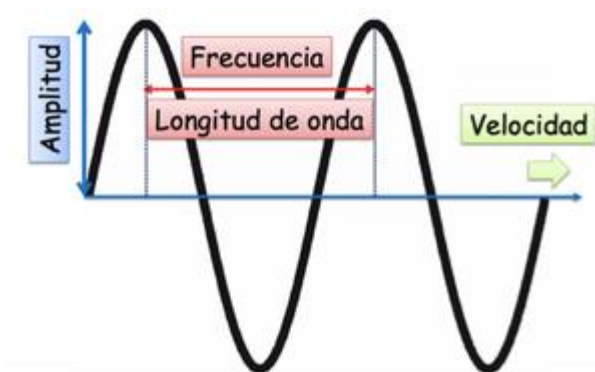
“Es el número de vibraciones que realiza un punto en la unidad de tiempo. Su unidad es el hercio (Hz), que significa «por segundo»” (Gallardo, 2012, pág. 152).

**e. Amplitud ( $A$ )**

“Es la separación máxima que alcanza, desde la posición de equilibrio, cada uno de los puntos oscilantes del medio. Se expresa en metros” (Gallardo, 2012, pág. 152).

**Figura 3**

*Magnitudes características de las ondas*



Nota: Esta figura indica las magnitudes de una onda electromagnética. Tomado de *Desayuno con fotones [Figura]*, A. Peralta, 2014. <https://desayunoconfotones.org/2014/10/16/principios-fisicos-del-laser-para-todos-los-publicos/>

Fuente: (Peralta, 2014)

### **13.2.2 Relación entre las magnitudes que definen una onda**

“La onda recorre un espacio,  $\lambda$ , en un periodo,  $T$ ; por tanto, la velocidad de propagación de la onda,  $v$ , es”:

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

$$f = \frac{1}{T} :$$

$$v = \lambda * f$$

“Esta última igualdad es otra forma de expresión de la velocidad de onda.” (Gallardo, 2012, pág. 153).

### **13.3 Efectos de Radio propagación**

“La radio propagación estudia los modos de transporte de energía mediante ondas radioeléctricas en el espacio y en el tiempo, así como las propiedades de los canales radioeléctricos y su afectación a la calidad de la transmisión”. (Huidobro & Ordóñez , 2014, pág. 125)

#### **13.3.1 Absorción**

La absorción es un fenómeno físico por el cual se produce una transferencia de energía de la onda radiada al medio de transmisión que atraviesa. El grado de absorción, reflexión y transmisión de la señal depende de la longitud de onda (frecuencia) de la radiación incidente y las características específicas del medio material (composición, conductividad, permitividad, tamaño, espesor). (Huidobro & Ordóñez , 2014, pág. 126)

Como consecuencia de la absorción de energía se produce una atenuación de la onda a medida que avanza por el medio material. Se denomina “profundidad de penetración” a la distancia en que las amplitudes de los campos eléctricos y magnéticos se reducen por el coeficiente  $e^{-1}$  (36,7%), o, la densidad de potencia se reduce por el  $e^{-2}$  (13,5%), respecto de los valores en la superficie. (Huidobro & Ordóñez , 2014, pág. 127)

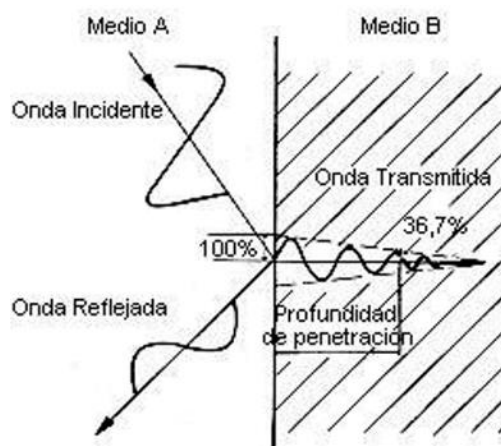
“Estos parámetros se emplean, por ejemplo, en el estudio de la incidencia de las ondas en los seres vivos, o el diseño y elaboración de los distintos materiales de construcción”. (Huidobro & Ordóñez , 2014, págs. 127 - 128)

“En general, la absorción es mayor para materiales gruesos y pesados, Así radiaciones de muy alta energía únicamente se pueden neutralizar con paredes

gruesas de materiales como plomo u hormigón armado” (Huidobro & Ordóñez , 2014, págs. 127 - 128).

#### Figura 4

*Absorción de energía en un cambio de medio de transmisión*



Nota: Esta figura indica el efecto de la absorción de una onda electromagnética. Tomado de *Comunicaciones por Radio: Tecnologías, Redes y Servicios de Radiocomunicaciones. El Espectro Electromagnético* [Figura], pág. (128), Por J.M. Huidobro y J. Ordoñez, Madrid, 2014, RA-MA.

#### Tabla 1

*Atenuación por absorción en diversos materiales*

Materiales	Grado de Atenuación	Ejemplos
Vacío	Ninguno	Caso ideal
Aire	Muy bajo	Espacio libre, capas de la atmósfera
Madera	Bajo	Puertas, muebles
Plástico	Bajo	Objetos cotidianos
Vidrio	Bajo	Ventanas
Agua	Medio	Lluvia, fuentes, acuarios

Materiales	Grado de Atenuación	Ejemplos
Seres vivos	Medio	Animales, plantas, personas
Ladrillos	Medio	Paredes
Yeso	Medio	Construcciones
Cerámica	Alto	Tejas, objetos decorativos
Papel	Alto	Material de escritura
Cemento	Alto	Muros de carga, pisos, columnas
Vidrio reforzado	Alto	Ventanas a prueba de balas
Metal pesado	Muy alto	Espejos, armarios metálicos, cabinas de ascensor
Hormigón armado	Muy alto	Cimientos, búnkeres, cámaras acorazadas
Capas altas de la atmósfera	Selectivo	Ventana para luz visible y rango de radio

Nota: Esta tabla indica la atenuación por absorción en diferentes materiales. Tomado de *Comunicaciones por Radio: Tecnologías, Redes y Servicios de Radiocomunicaciones. El Espectro Electromagnético* [Tabla], pág. 128, por J. M. Huidobro y J. Ordoñez, Madrid, 2014, RA-MA

### 13.3.2 Atenuación

“Podemos definir la atenuación de una onda como la disminución de su intensidad a medida que se aleja del foco. Se debe exclusivamente al reparto de su energía entre una superficie cada vez mayor” (Fernández J. L., 2013).

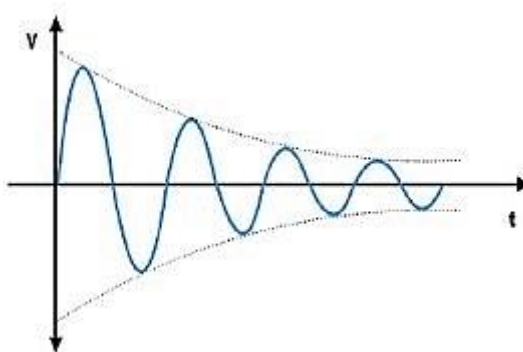
“La disminución de la potencia o energía se conoce como atenuación. Esta pérdida se conoce como decibelios por kilómetro. La atenuación depende de gran medida de la frecuencia” (Solución, 2019).



“Para entender esto tomemos un ejemplo de una señal compleja como una serie de elementos de Fourier, cada elemento se propaga a una velocidad distinta; como resultado, el espectro de Fourier recibido en el extremo del receptor es diferente” (Solución, 2019).

### Figura 5

*Atenuación de ondas electromagnéticas*



Nota: Esta figura indica la atenuación de una onda electromagnética. Tomado de *Pc-Solución*, por Pc-Solución, 2019, <https://pc-solucion.es/2019/01/03/atenuacion/>.

### 13.3.3 *Dispersión*

“El fenómeno de dispersión (scattering) se produce por la interacción de la radiación con moléculas gaseosas y partículas sólidas y líquidas en suspensión. El resultado es un cambio en la dirección de propagación de la onda” (Huidobro & Ordóñez, 2014, pág. 129).

Se considera dos tipos principales de dispersión:

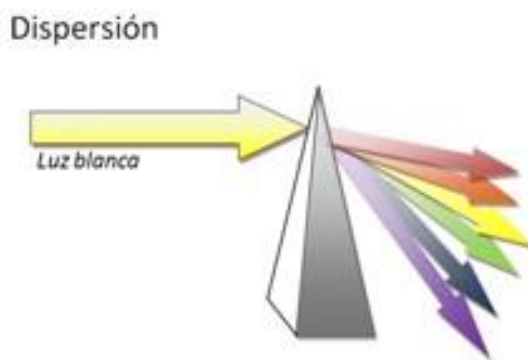
#### a. **Selectiva:**

“Causada por otro transmisor que emite en la misma frecuencia que la captada por el receptor. Existen dos tipos principales: dispersión de Rayleigh y dispersión de Mie” (Huidobro & Ordóñez, 2014, pág. 129).

La dispersión de Rayleigh se produce en interacción con partículas mucho menores a la longitud de onda incidente. Su efecto es inversamente proporcional a la cuarta potencia de la longitud de onda, por lo que afecta sobre todo a longitudes de ondas cortas. Es responsable, por ejemplo, del color azul del cielo (la atmósfera dispersa mucho más la componente azul de la radiación solar entrante), del color rojizo de las puestas del sol. (Huidobro & Ordóñez , 2014, pág. 129)

### Figura 6

*Dispersión de ondas electromagnéticas*



Nota: En esta figura se puede visualizar como se dispersa una onda electromagnética. Tomada de *Comunicaciones por Radio: Tecnologías, Redes y Servicios de Radiocomunicaciones. El Espectro Electromagnético* [Figura], pág. (129), Por J.M. Huidobro y J. Ordoñez, Madrid, 2014, RA-MA.

#### **b. No Selectiva**

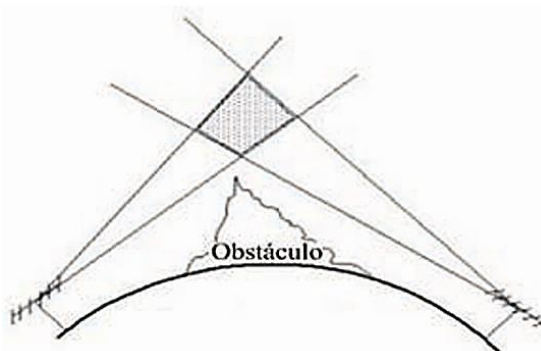
“Afecta por igual a todas las longitudes de onda, y se produce cuando los diámetros de las partículas dispersantes son mucho mayores a la longitud de onda de la radiación incidente” (Huidobro & Ordóñez , 2014, pág. 129).

La dispersión ocurre, por ejemplo, con hidrometeoros (lluvia, nieve, niebla, etc.) así como con la vegetación. Igualmente ocurre dispersión en las capas atmosféricas (ionosfera, troposfera), debido a sus cambios de composición y a

las partículas existencias en ellas. En el caso, por ejemplo, de la dispersión troposférica, este efecto puede ser empleado positivamente, para la transmisión de ondas más allá del horizonte. (Huidobro & Ordóñez , 2014, pág. 130)

### Figura 7

#### *Dispersión Troposférica*



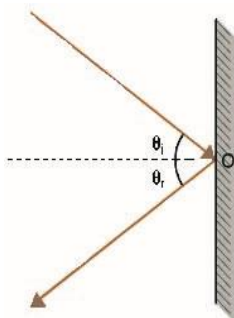
Nota: Esta figura indica la dispersión troposférica de una onda ante un obstáculo. Tomada de *Comunicaciones por Radio: Tecnologías, Redes y Servicios de Radiocomunicaciones. El Espectro Electromagnético* [Figura], pág. (130), Por J.M. Huidobro y J. Ordoñez, Madrid, 2014, RA-MA.

#### **13.3.4 Reflexión**

La reflexión es el cambio de dirección de una onda electromagnética al incidir en la superficie de separación entre dos medios, regresando al medio inicial. En general, en este proceso una parte de la onda es reflejada al medio inicial (de potencia menor a la onda incidente), otra es absorbida por el segundo medio, y una tercera se transmite por el nuevo medio. (Huidobro & Ordóñez , 2014, pág. 130)

### Figura 8

*Reflexión de una onda, con el mismo ángulo de incidencia*



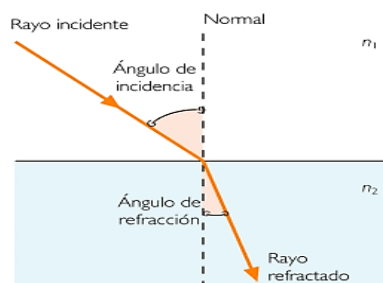
Nota: Esta figura indica como se refleja una onda ante un obstáculo. Tomada de *URCO [Figura]*, pág. 11, por S. Buettrich, 2017, [http://www.uco.es/organiza/departamentos/ing-electrica/documentos/ONDAS\\_EM\\_CONCEPTOS\\_BASICOS.pdf](http://www.uco.es/organiza/departamentos/ing-electrica/documentos/ONDAS_EM_CONCEPTOS_BASICOS.pdf)

### 13.3.5 Refracción

La refracción es el cambio de dirección de una onda electromagnética al pasar de un medio material a otro. Se produce si la onda incide de forma oblicua sobre la superficie de separación de ambos medios y si estos tienen distintos índices de refracción. Este fenómeno se debe al cambio de velocidad de fase de la onda, manteniendo su frecuencia. (Huidobro & Ordóñez , 2014, pág. 131)

### Figura 9

*Fenómeno de la Refracción*



Nota: Está figura indica el fenómeno de refracción de una onda electromagnética. Tomado de *lidiacnlaquimica [Figura]*, por wordpress, 2016, <https://lidiacnlaquimica.wordpress.com/2016/03/18/la-reflexion-y-la-refraccion-de-las-ondas/>

### 13.3.6 Difracción

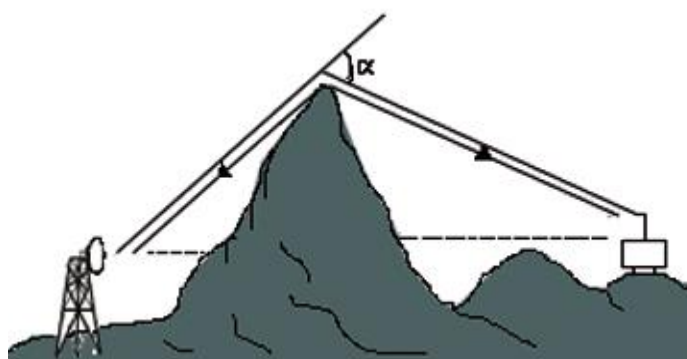
El fenómeno de difracción es la desviación de la dirección de una onda al pasar un obstáculo o atravesar una rendija (por el borde de un cuerpo opaco). Es explicado mediante el principio de Huygens, que establece que todo punto de un frente de onda inicial puede considerarse como una fuente de ondas esféricas secundarias que se extienden en todas las direcciones con la misma velocidad, frecuencia y longitud de onda del que proceden. (Huidobro & Ordóñez , 2014, pág. 132)

“Debido a la difracción, existe un modo de propagación que permite aprovechar los obstáculos para enviar señales radioeléctricas cuando no hay línea de visión directa” (Huidobro & Ordóñez , 2014, pág. 132).

“Cómo afectan los obstáculos a la propagación se analiza mediante el cálculo de las zonas de Fresnel” (Huidobro & Ordóñez , 2014, pág. 132).

#### Figura 10

*Difracción de una onda de radio*



Nota: Esta figura indica la difracción de una onda de radio. Tomada de *URCO [Figura], pág. 12,* por S. Buettrich, 2017, [http://www.uco.es/organiza/departamentos/ing-electrica/documentos/ONDAS\\_EM\\_CONCEPTOS\\_BASICOS.pdf](http://www.uco.es/organiza/departamentos/ing-electrica/documentos/ONDAS_EM_CONCEPTOS_BASICOS.pdf)

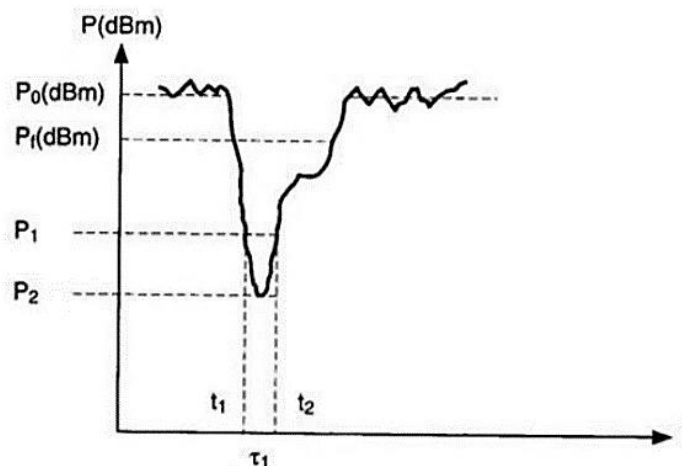
### 13.3.7 Desvanecimiento

“El desvanecimiento o fading res una caída súbita del nivel de señal radioeléctrica en el tiempo y en el espacio, debido a variaciones aleatorias de las características del medio de transmisión”. (Huidobro & Ordóñez , 2014, pág. 133)

“El desvanecimiento es la disminución de la potencia recibida con relación a su valor medio a largo plazo”. (Pérez, 2015, pág. 11)

**Figura 11**

*Desvanecimiento de ondas electromagnéticas*



Nota: Esta figura indica como se desvanece una onda electromagnética. Tomada de Bibing [Figura], por E. Pérez, 2015, <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11930/fichero/04+-+Cap%C3%ADtulo+02+-+Recomendaci%C3%B3n+ITU.pdf>

“Varios conceptos relacionados con el desvanecimiento son la profundidad y la duración de desvanecimiento. La profundidad de desvanecimiento es la diferencia entre el nivel medio y el nivel recibido en condiciones de desvanecimiento” (Pérez, 2015, pág. 11).

$$F_1(dB) = P_1 - P_0$$

“La duración de desvanecimiento es el intervalo de tiempo que transcurre entre la disminución y la recuperación del nivel nominal” (Pérez, 2015, pág. 11).

$$\tau_1 = t_2 - t_1$$

“El desvanecimiento tiene una gran influencia en la calidad del servicio. Por tanto, es esencial saber lo más posible sobre el desvanecimiento e intentar predecir o contrarrestar sus efectos”. (Pérez, 2015, pág. 11)

### 13.3.8 Efecto Doppler

“El efecto Doppler es el cambio en la frecuencia percibida de cualquier movimiento ondulatorio cuando el emisor, o foco de ondas, y el receptor, u observador, se desplazan uno respecto a otro” (Fernández & Coronado, 2013).

**Figura 12**

*Efecto Doppler*



Nota: En esta figura se observa cómo se dispersa el efecto Doppler. Tomada de *Fiscalab [Figura]*, por J.L. Fernández y G. Coronado, 2013, <https://www.fiscalab.com/apartado/efecto-doppler>

La ambulancia de la imagen se desplaza de izquierda a derecha. Cuando se acerca a la chica de la figura que lleva un maletín, en la derecha de la imagen, la onda “se comprime”, es decir, la longitud de onda corta, la frecuencia alta y, por tanto, el tono del sonido percibido será agudo. Por otro lado, cuando la ambulancia se aleja, a la izquierda de la imagen, la onda “se descomprime”, es decir, la longitud de onda es larga, la frecuencia baja y, por tanto, el tono que percibe la chica que lleva el bolso será grave. (Fernández & Coronado, 2013)

“El caso representado en la figura anterior no es el único que puede dar lugar al efecto Doppler. Este se da siempre que encontremos un foco y un observador en movimiento relativo” (Fernández & Coronado, 2013).

### 13.3.9 Diversidad y multitrayecto

La diversidad es un método de recepción según el cual se obtiene una señal resultante de varias señales radioeléctricas recibidas, que transportan la misma información, pero para las cuales el trayecto radioeléctrico y el canal de transmisión difiere al menos en una característica tal como la frecuencia, la polarización, la posición o el ángulo de las antenas. (Huidobro & Ordóñez, 2014, pág. 134)

### Figura 13

#### *Diversidad y multitrayecto*



Nota: Esta figura indica la diversidad y multitrayecto de una onda electromagnética. Tomada de *Comunicaciones por Radio: Tecnologías, Redes y Servicios de Radiocomunicaciones. El Espectro Electromagnético* [Figura], pág. (135), Por J.M. Huidobro y J. Ordoñez, Madrid, 2014, RA-MA.

### 13.3.10 Climatología

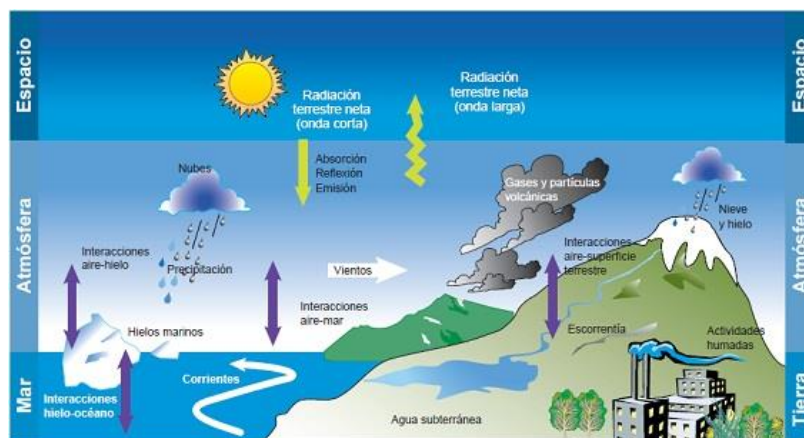
La climatología afecta directamente a la calidad de la señal radioeléctrica, ya que influye directamente en el canal de transmisión. Aspectos como la temperatura, la humedad o la presión, así como fenómenos atmosféricos como



la lluvia, la nieve o la niebla varían las condiciones del canal radioeléctrico produciendo atenuación en las señales. (Huidobro & Ordóñez , 2014, pág. 135)

### Figura 14

*Climatología en la transmisión de ondas*



Nota: En esta figura se observa como las condiciones del clima pueden afectar la transmisión de una onda electromagnética. Tomada de *Blogger [Figura], por Atlasgeomundo, 2016*, <http://atlasgeomundo.blogspot.com/2017/01/elementos-del-clima.html>.

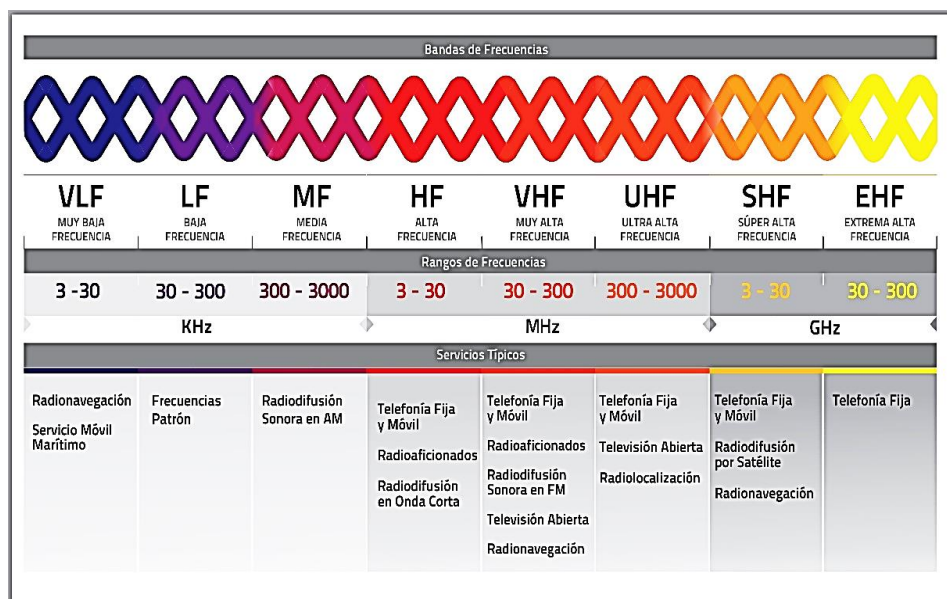
### 13.4 Espectro Radioeléctrico

“El espectro radioeléctrico es la parte del espectro electromagnético situado, aproximadamente, entre los 3 KHz y los 300 GHz y es la parte más utilizada para las telecomunicaciones inalámbricas” (...) (Gómez, Camargo, & Beltrán, 2017, pág. 57).

El concepto de espectro electromagnético (ERE) es fundamental en materia de comunicaciones inalámbricas. Se trata de un recurso intangible por lo que su definición puede resultar un tanto compleja. El poder sintonizar una radio, comunicarse atravesando fronteras en segundos, responder un correo electrónico mediante nuestro teléfono inteligente (p Smartphone), entre otras acciones, que muchos en el mundo actual consideran una rutina, necesitan del espectro radioeléctrico (ERE) para funcionar. (...). (Cisa, 2017)

Figura 15

Servicios de radiocomunicaciones disponibles en cada subbanda



Nota: En esta figura se observa los servicios de radiocomunicaciones disponibles. Tomado de Conatel, por Conatel, 2020, <http://www.conatel.gob.ve/espectro-radioelectrico/>.

### 13.4.1 Clasificación del espectro radioeléctrico

Tabla 2

Clasificación del Espectro radioeléctrico

Nombre	Símbolo	N.º de Banda	Rango Frecuencia	Subdivisión Métrica	Distancia
Muy baja frecuencia	VLF	4	3-30 KHz	miriamétricas	100-10 km
Baja frecuencia	LF	5	30-300 KHz	kilométricas	10-1 km

Nombre	Símbolo	N.º de Banda	Rango Frecuencia	Subdivisión Métrica	Distancia
Media frecuencia	MF	6	300–3000 KHz	hectométricas	1 km-100 m
Alta frecuencia	HF	7	3-30 Mhz	decamétricas	100-10 m
Muy alta frecuencia	VHF	8	30-300 Mhz	métricas	10-1 m
Ultra alta frecuencia	UHF	9	300-3000 Mhz	decimétricas	1 m-100 mm
Súper alta frecuencia	SHF	10	3-30 GHz	centimétricas	100-10 mm
Extra alta frecuencia	EHF	11	30-300 GHz	milimétricas	10-1 mm

Nota: Esta tabla indica la banda de frecuencias del espectro electromagnético. Tomado de Radiocomunicaciones Teoría y Principios [Tabla], por J. Gómez, L. L. Camargo, J. T. Beltrán, Colombia, 2017, Unimagdalena

**a. Very Low Frequency (VLF)**

La designación VLF (Very Low Frequency, Frecuencia Muy Baja) se usa para determinar a la banda del espectro electromagnético que ocupa el rango de frecuencias de 3Khz a 30Khz, rango de frecuencias radioeléctricas. Ondas de VLF tienen una longitud de onda de 100 – 10 km, pueden penetrar el agua a una profundidad entre 10 a 40 metros, dependiendo de la frecuencia propia y la salinidad del agua (Mazón, 2014).

“VLF se utiliza en estudios geofísicos electromagnéticos. Durante la guerra, los amplificadores fueron utilizados por ambos lados en el frente para escuchar las comunicaciones telefónicas del enemigo” (Mazón, 2014).

“Con el VLF puedes percibir la llamada “radio natural”, cambios electromagnéticos del entorno como tormentas, tectónica de placas, terremotos, auroras boreales, lluvias de meteoritos, restos del big bang, etc.” (Mazón, 2014).

**b. Low Frequency (LF)**

La banda LF, conocida también como “banda kilométrica” o como “onda larga”, comprende las frecuencias entre 30 y 300 KHz (longitudes de onda entre 1 y 10 km). Entre sus características de propagación (poca atenuación, largas distancias, penetración en el agua, propagación por onda de superficie y, también, por onda ionosférica, etc.) (Huidobro & Ordoñez, 2014, pág. 204).

En esta banda operan sistemas de ayuda a la navegación marítima y aeronáutica, como radiofaros o radiobalizas, así como señales horarias, servicios meteorológicos y sistemas de radiodifusión (parte de esta banda de 148,5 a 238,5 KHz se utiliza para el servicio de radiodifusión sonora AM).

También se emplea para comunicaciones submarinas, servicios de radioaficionados y técnicas de etiquetas RFID de identificación por radiofrecuencia. (Huidobro & Ordoñez, 2014, pág. 204).

**c. Medium Frequency (MF)**

La banda MF, conocida como “banda hectométrica” o como “onda media”, comprende las frecuencias entre 300 y 3000 KHz (longitudes de onda entre 100 m y 1 km). En esta banda se produce propagación por onda de superficie o por onda ionosférica (dependiendo en este último caso de la hora del día y de la

frecuencia), obteniendo grandes distancias. (Huidobro & Ordoñez, 2014, pág. 204).

La banda MF se utiliza en general para servicios marítimos y aeronáuticos. Así, se emplea para radiobalizas y sistemas de seguridad ante emergencias marítimas, así como para radiotelefonía y comunicaciones marítimas cercanas a la costa. También se emplea en servicios de radioaficionados en el servicio de radiodifusión sonora en amplitud modulada AM (entre 526,5 y 1.606,5 KHz). (Huidobro & Ordoñez, 2014, pág. 205)

**d. High Frequency (HF)**

La banda HF, conocida también como “banda decamétrica” o como “onda corta”, comprende las frecuencias entre 3 y 30 Mhz (longitudes de onda entre 10 m y 100m). Se utiliza principalmente en propagación por onda ionosférica, aunque el alcance de la señal depende de muchos factores (entre ellos la hora del día y la estación del año). En condiciones óptimas, es posible la comunicación con cobertura mundial en esta banda. En las peores condiciones, solo hay propagación por ondas de superficie. (Huidobro & Ordoñez, 2014, pág. 205)

En esa banda se distinguen así diversas subbandas en función de sus características de propagación:

**d.1. Bandas altas o diurnas**

Entre 14 y 30 MHz. Bandas diurnas cuya propagación mejora además en los días de verano.

**d.2. Bandas bajas o nocturnas**

Entre 3 y 10 MHz. Bandas nocturnas cuya propagación mejora además en las noches de invierno.

### **d.3. Bandas intermedias**

Entre 10 y 14 Mhz. Con características de las dos bandas anteriores.

“La banda HF es muy utilizada para el servicio de radioaficionados. También en esta banda se encuentra el servicio especial de banda ciudadana (27 MHz), también denominado 11 metros debido al valor de su longitud de onda (...).” (Huidobro & Ordoñez, 2014, pág. 205).

### **e. Very High Frequency (VHF)**

La banda 8 o VHF, conocida también como “banda métrica”, comprende las frecuencias entre 30 y 300 MHz (longitudes de onda entre 1 y 10 m). Las características de propagación en esta banda la hacen adecuada para comunicaciones terrestres de corta distancia (en general, la ionósfera no refleja las ondas VHF). (Huidobro & Ordoñez, 2014, pág. 205)

Usos de esta banda incluyen la radiodifusión sonora FM (entre 88 y 108 MHz); sistemas de ayuda al aterrizaje, radionavegación aérea y control de tráfico aéreo; comunicación entre buques y control de tráfico marítimo; servicio de radioaficionados; y televisión analógica, entre otros. (Huidobro & Ordoñez, 2014, págs. 205-206)

“Dentro de las bandas de VHF existen tres bandas para uso de aficionados, que son las siguientes” (Huidobro & Ordoñez, 2014, págs. 205-206).

- Banda de 6 metros: de 50 a 54 Mhz
- Banda de 2 metros: de 144 a 148 MHz
- Banda de 1,25 metros: de 220 a 225 MHz

La característica distintiva de las ondas de radio de VHF, UHF T SHF (a partir de los 30 MHz) es corto alcance sobre la superficie terrestre. Se limita a decenas de kilómetros para comunicaciones directas punto a punto entre estaciones terrenas.

Cuando atraviesan la atmosfera no se reflejan en las diferentes capas, las atraviesan totalmente y se pierden en el espacio exterior. El límite es el horizonte óptico. La televisión y la radio en frecuencia modulada se transmiten en VHF, con alcance local solamente. (Selva, 2019)

Para comunicaciones a miles de kilómetros se utilizan satélites artificiales que reflejan la señal que llega en una línea recta y retorna hacia la superficie. En ciertas condiciones se pueden aprovechar las características de refracción de la atmósfera y se logran distancias considerables durante períodos variables de tiempo, que incluso pueden permanecer durante días. (Selva, 2019)

**e.1. Parámetros para alcance de una radio VHF**

- Altura de la antena por encima del nivel del mar en cada estación: es el factor más importante, ya que cuanto mayor sea la altura, más largo será el alcance conseguido (Satronika, 2013).
- Línea de visión: en teoría, el alcance del VHF está limitado a la línea de visión existente ya que las ondas de radio no se curvan alrededor de la superficie terrestre (Satronika, 2013).
- Meteorología reinante: en días calurosos el alcance de una radio puede ser realmente muy superior al que tendrá un día de mal tiempo. (Satronika, 2013).

**f. Ultra High Frequency (UHF)**

“La banda UHF, conocida también como “banda decimétrica”, comprende las frecuencias entre 300 y 3.000 MHz (longitudes de onda entre 10 cm y 1m). En esta banda se produce la propagación por onda espacial troposférica en línea de visión” (Huidobro & Ordoñez, 2014, pág. 206).

EL tamaño de las longitudes de onda en UHF permite antenas muy adecuadas para dispositivos portátiles, lo que junto con las características de propagación

hacen a esta banda ideal para servicios móviles. Es, por tanto, una banda muy empleada en servicios radioeléctricos de voz bidireccionales, denominados “two way radios”. (Huidobro & Ordoñez, 2014, pág. 206)

“Entre otros muchos usos, en esta banda se emiten los servicios de televisión digital terrestre (TDT), los servicios de telefonía móvil terrestre (GSM, UMTS, etc.) y las tecnologías de redes inalámbricas como Wi-Fi (WLAN) o Bluetooth (WPAN)” (Huidobro & Ordoñez, 2014, pág. 206).

**g. Super High Frequency (SHF)**

“La banda SHF, conocida también como “banda centimétrica”, comprende las frecuencias entre 3 y 30 GHz (longitudes de onda entre 1 y 10 cm). En esta banda se produce la propagación por onda trayectoria óptica directa” (Huidobro & Ordoñez, 2014, pág. 206).

“En esta banda se produce comunicaciones por dispositivos de microondas. SHF e emplea, entre otros, para radares, enlaces ascendentes y descendentes de satélite, radioenlaces del servicio fijo y algunas variantes de tecnologías inalámbricas con Wi-Fi 802.11n” (Huidobro & Ordoñez, 2014, pág. 206).

**h. Extra High Frequency (EHF)**

La banda EHF, conocida también como “banda milimétrica”, comprende las frecuencias entre 30 y 300 GHz (longitudes de onda entre 1 y 10 mm). Esta banda es muy afectada por la atenuación atmosférica y las condiciones climatológicas.

“Por ello, esta banda se utiliza principalmente en radioastronomía y comunicaciones con satélite (meteorología, exploración de la Tierra, etc.). También se emplea en radiocomunicaciones de corto alcance” (Huidobro & Ordoñez, 2014, pág. 206).



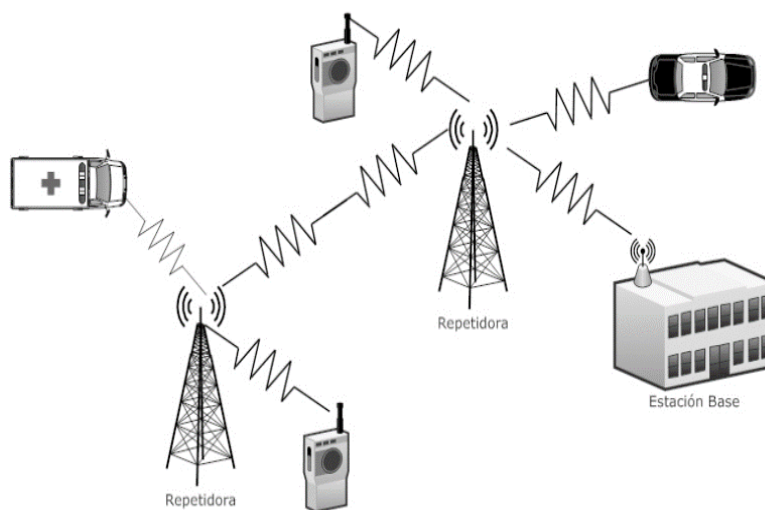
“Aún por explorar, debido a limitaciones tecnológicas, esta banda no se encuentra aún atribuida en su totalidad por la UIT- R (Unión Internacional de Telecomunicaciones – normalización de las radiocomunicaciones) únicamente llega hasta los 275 GHz” (Huidobro & Ordoñez, 2014, pág. 206).

### 13.5 Sistemas de radiocomunicaciones

Un sistema de radiocomunicaciones es el conjunto de elementos que intervienen en una transmisión de información mediante ondas radioeléctricas. Comprende, por tanto, todos los elementos que originan la emisión, aquellos que influyen durante el trayecto de la señal y aquellos que intervienen en el proceso de recepción de la transmisión (Hidrobo & Ordoñez, 2014, pág. 95).

#### Figura 16

*Esquema de un sistema de radiocomunicaciones*



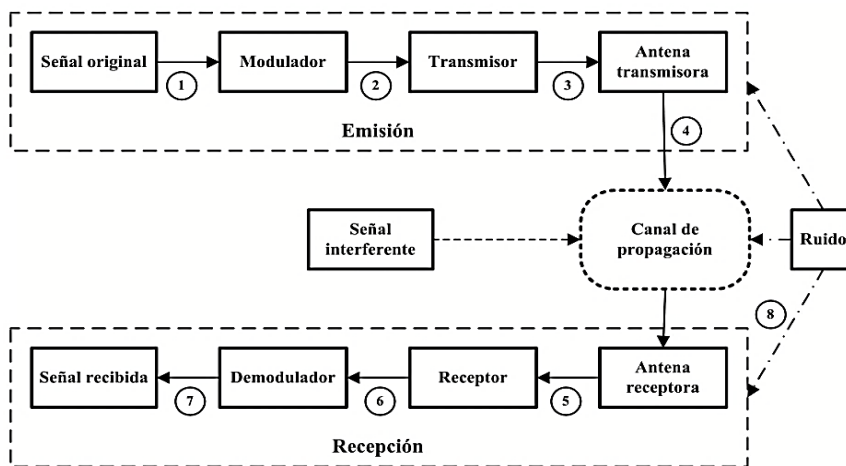
Nota: En esta figura se puede observar cómo funciona un sistema de radiocomunicaciones.

Tomado de *Radio cognitiva – Estado del arte [Figura]*, pág. 49, por A. Navarro y J. Aguilar, 2011.

### 13.5.1 Esquema y componentes del sistema

Figura 17

Esquema básico de un sistema de radiocomunicaciones



Nota: En esta figura se observa cómo funciona un esquema de radiocomunicaciones. Tomada de *Comunicaciones por Radio: Tecnologías, Redes y Servicios de Radiocomunicaciones. El Espectro Electromagnético* [Figura], pág. (96), Por J.M. Huidobro y J. Ordoñez, Madrid, 2014, RA-MA.

#### a. Modos de transmisión

” El modo de transmisión se establece en función de la dirección del flujo de las señales entre dos dispositivos enlazados” (Santos, 2014, pág. 25).

Para lo cual se divide en 3 tipos:

##### a.1. Simplex:

“Cuando se establece una comunicación unidireccional entre dos dispositivos. Una estación sólo recibe y la otra sólo envía” (Santos, 2014, pág. 25).

##### a.2. Half-dúplex o semidúplex

“Cada estación puede enviar y recibir datos, pero no al mismo tiempo. Cuando un dispositivo envía, el otro sólo puede recibir y viceversa” (Santos, 2014, pág. 25).

### a.3. **Full-dúplex o dúplex**

“Cuando la dos estaciones que llevan a cabo la comunicación puede enviar y recibir de forma simultánea. Para ello debe haber dos caminos físicos diferentes o se tiene que dividir la capacidad del canal” (Santos, 2014, pág. 25).

## 13.5.2 Componentes de un sistema de radiocomunicaciones

### a. Radios portátiles

“Estos equipos permiten la comunicación permanente por usuarios en movimiento, los cuales forman parte de un grupo con la finalidad específica. Estos equipos por lo general son de uso personal y son fáciles de trasportar con el usuario” (Astudillo, 2019, pág. 6).

- Compactos y ergonómicos
- Micrófono y bocina inter construidos
- Físicamente las radios portátiles en VHF y UHF son iguales, la única diferencia radica en la antena y la potencia VHF 5W y UHF 4W

### Figura 18

*Componentes de una radio portátiles*



Nota: Esta figura indica los componentes de una radio móvil. Tomada de *tecnosinerugia mayorista de soluciones* [Figura], por F. Hernández, 2017,

<https://tecnosinergia.zendesk.com/hc/es/articles/115000281312--Que-compone-un-sistema-de-radiocomunicación>.

## b. Radios móviles

“Son aquellos que se encuentran en constante movimiento con la diferencia que son instalados en vehículos terrestres, marinos, aéreos” (Astudillo, 2019, pág. 6).

- Micrófono externo
- Bocina inter construida y capacidad de conexión de altavoz externo
- Algunos modelos cuentan con capacidad de montaje remoto

### Figura 19

*Radios Móviles*



Nota: Esta figura indica los diferentes tipos de radios móviles, Tomada de *tecnosinergia mayorista de soluciones* [Figura], por F. Hernández, 2017, <https://tecnosinergia.zendesk.com/hc/es/articles/115000281312--Que-compone-un-sistema-de-radiocomunicación>.

## c. Estación base (radio base)

“Permite la comunicación con otras estaciones base, equipos móviles y portátiles, de manera estática, pues es instalado en un lugar específico para el control de los grupos de trabajo” (Astudillo, 2019, pág. 6).

“En general un equipo para la estación base es similar al utilizado en un vehículo Se alimenta por medio de fuentes de poder externas. Permite colocar antenas a una altura considerable y de alta ganancia para incrementar la cobertura” (Astudillo, 2019, pág. 6).

## Figura 20

### *Estación base*



Nota: Esta figura indica como está compuesta una estación base, Tomada de *tecnosinergia mayorista de soluciones* [Figura], por F. Hernández, 2017, <https://tecnosinergia.zendesk.com/hc/es/articles/115000281312--Que-compone-un-sistema-de-radiocomunicación>.

#### **d. Estación Repetidor**

“El equipo repetidor permite amplificar la señal para todos los usuarios puedan comunicarse. Por lo general se instala en sitios estratégicos dependiendo el relieve geográfico de la zona a la que se desea cubrir” (Astudillo, 2019, pág. 6).

- Sirve para expandir la cobertura de un sistema de radiocomunicación
- Existen modelos diseñados desde fábrica o por medio de dos radios móviles.
- Es el único dispositivo en radiocomunicaciones que recibe y transmite al mismo tiempo
- Para expandir la cobertura del sistema básico se instala un repetidor en un lugar alto y con buena visibilidad desde cualquier punto donde se quiere brindar cobertura

## Figura 21

### *Estación repetidora*



Nota: Esta figura indica el punto de repetición de una repetidora. Tomada de Andina [Figura], por R. Palacios, 2019, <https://andina.pe/agencia/noticia-mtc-bitel-mantendra-banda-frecuencia-25-ghz-provincias-740919.aspx>

## 13.6 Antenas

La antena es una parte esencial de un sistema de radiocomunicaciones, acoplando la energía de la salida de un transmisor hacia el espacio libre o del espacio libre hacia un receptor, razón por la cual se conoce como dispositivo recíproco, puesto que mantiene sus características tanto en transmisión como en recepción. Puede entenderse, como un dispositivo que transforma las señales eléctricas (voltaje y corriente de una línea de transmisión) en ondas electromagnéticas (campos eléctricos magnéticos), o viceversa. (TES AMÉRICA, 2018)

### 13.6.1 *Parámetros de una antena*

“Las antenas se comportan de igual manera en recepción que en emisión y se caracterizan por una serie de parámetros, entre los más habituales: respuesta en

frecuencia, polarización, ganancia, longitud y área efectiva, peso, dimensiones, tipos de conectores, resistencia al viento, etc.” (Huidobro, 2013, pág. 4).

Entre los parámetros más importantes, a nivel eléctrico, tenemos:

**a. Ancho de banda**

“Es el margen de frecuencias en el cual los parámetros de la antena cumplen unas determinadas características. Se puede definir un ancho de banda de impedancia, de polarización, de ganancia o de otros parámetros” (Huidobro, 2013, pág. 4).

**b. Directividad**

Es la relación entre la densidad de potencia radiada en la dirección de máxima radiación, a una cierta distancia  $R$ , y la potencia total radiada dividida por el área de la esfera de radio  $R$ . La directividad se puede calcular a partir del diagrama de radiación. La ganancia de una antena es igual a la directividad multiplicada por la eficiencia. La relación entre la densidad de potencia radiada por la antena en la dirección útil y la que radia por el lóbulo trasero se conoce como relación delante/detrás y es un importante parámetro de diseño de la antena en lo relativo a interferencias. (Huidobro, 2013, pág. 4)

El ángulo que hace referencia el diagrama de radiación del lóbulo principal en el plano horizontal de la antena se denomina “azimut”, que para el diagrama de radiación vertical se denomina “ángulo de elevación”, que se diseña para concentrar el máximo de radiación para aquellos ángulos por debajo de la horizontal, que es donde se agrupan los usuarios, ya que las antenas se colocan en cotas elevadas para alcanzar una mayor cobertura. (Huidobro, 2013, pág. 4)

**c. Ganancia**

Es la relación entre la densidad de potencia radiada en la dirección a una distancia  $R$  y la potencia total entregada a la antena dividida por el área de una

esfera de radio  $R$ . La eficiencia es la relación entre la ganancia y la directividad, que coincide con la relación entre la potencia total radiada y la potencia entregada a la antena (Huidobro, 2013, pág. 4).

**d. Rendimiento de la antena**

“El rendimiento de la antena transmisora es la relación entre la potencia de radiación y la potencia total aplicada a la antena, en la cual se toma en cuenta, además de la potencia de radiación, la potencia de pérdida” (Huidobro, 2013, pág. 5).

**e. Impedancia**

Una antena de tendrá que conectar a un transmisor (o a un receptor) y deberá radiar (recibir) el máximo de potencia posible con un mínimo de pérdidas. Se deberá adaptar el transmisor o receptor a la antena para una máxima transferencia de potencia, que se suele hacer a través de una línea de transmisión. Esta línea también influirá en la adaptación, debiéndose considerar entre otros, su impedancia característica y atenuación (Huidobro, 2013, pág. 5).

“La impedancia característica ( $Z_0$ ) es un parámetro que depende de parámetros primarios; de la relación longitud-diámetro del material del conductor y de la frecuencia de trabajo, mientras que la impedancia de entrada es el parámetro circuital de la antena (relación del voltaje de entrada a la corriente de entrada)” (Huidobro, 2013, pág. 5).

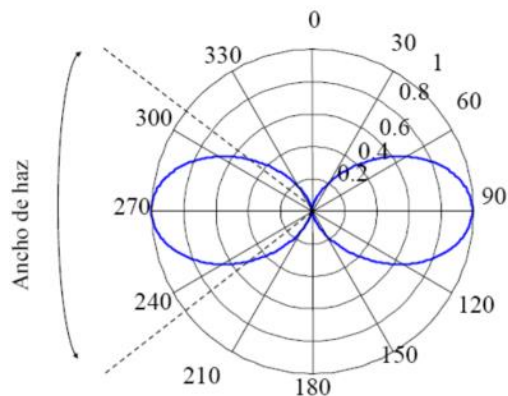
**f. Anchura de haz**

Es un parámetro de radiación, ligado al diagrama de radiación. Se puede definir el ancho de haz a  $-3\text{dB}$ , que es el intervalo angular en el que la densidad de potencia radiada es igual a la mitad de la máxima. También se puede definir el ancho de haz entre ceros, que es el intervalo angular del haz principal del diagrama de radiación, entre los dos ceros adyacentes al máximo (Huidobro, 2013, pág. 5).



## Figura 22

*Anchura de haz*



Nota: Esta figura indica como es el ancho de haz de una onda electromagnética. *Tomada de Antenas de telecomunicaciones [Figura], pág. 5, por J.M. Huidobro, 2013.*

### g. Polarización

La polarización electromagnética, en una determinada dirección, es la figura geométrica que traza el extremo del vector campo eléctrico a una cierta distancia de la antena, al variar el tiempo. La polarización puede ser lineal, circular y elíptica. La polarización lineal puede tomar distintas orientaciones (horizontal, vertical,  $+45^\circ$ ,  $-45^\circ$ ) (Huidobro, 2013, pág. 5).

Las polarizaciones circular o elíptica pueden ser a derechas o izquierdas (dextrógiras o levógiras), según el sentido de giro del campo (observado alejándose desde la antena). Se llama diagrama copolar al diagrama de radiación con la polarización deseada, y diagrama contrapolar (Crosspolar, en inglés) al diagrama de radiación con la polarización contraria (Huidobro, 2013, pág. 5).

## 13.7 Ruido e Interferencia

### 13.7.1 Interferencia

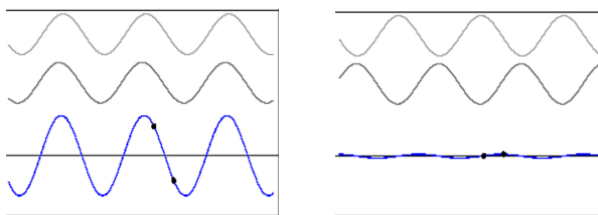
"Cuando dos señales se interrumpen entre sí o bien es el fenómeno que ocurre cuando dos o más ondas ocupan el mismo espacio al mismo tiempo" (Ledesma, 2011).

#### a. Tipos de Interferencia

##### a.1. Interferencia constructiva y destructiva de dos ondas desfasadas

**Figura 23**

*Interferencia constructiva y destructiva de dos ondas desfasadas*

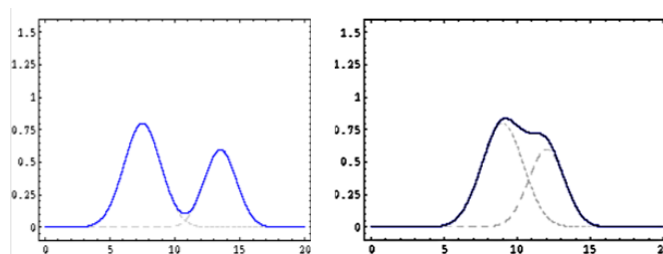


Nota: Está figura indica dos tipos de interferencia existentes, Tomada de *blogspot [Figura]*, por A. Ledesma, 2011, <http://sistemasencomunicaciones.blogspot.com/2011/03/ruido-e-interferencia.html>.

##### a.2. Interferencia de dos pulsos

**Figura 24**

*Interferencia de dos pulsos*



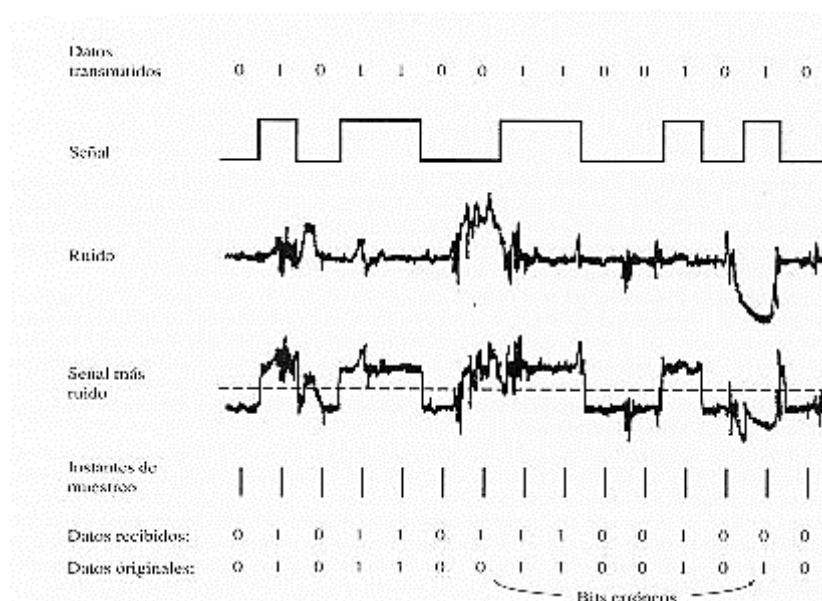
Nota: Esta figura indica la interferencia de una onda de dos pulsos. Tomada de *blogspot [Figura]*, por A. Ledesma, 2011, <http://sistemasencomunicaciones.blogspot.com/2011/03/ruido-e-interferencia.html>.

## 13.8 Ruido

Es la comunicación a toda señal no deseada que se mezcla con la señal útil que queremos transmitir. Es el resultado de diversos tipos de perturbación que tiende a enmascarar la información cuando se presenta en la banda de frecuencias del espectro de la señal, es decir, dentro de su ancho de banda. (Ledesma, 2011)

**Figura 25**

*Relación señal – ruido*



Nota: Esta figura indica la relación que existe entre la señal y ruido de una onda electromagnética.

Tomada de blogspot [Figura], por A. Ledesma, 2011,

<http://sistemasencomunicaciones.blogspot.com/2011/03/ruido-e-interferencia.html>.

### 13.8.1 Causas

El ruido se debe a múltiples causas: a los componentes electrónicos (amplificadores), al ruido térmico de las resistencias, a las interferencias de señales externas, y otros factores externos. Es imposible eliminar totalmente el ruido, ya que los componentes electrónicos no son perfectos. Sin embargo, es

posible limitar su valor de manera que la calidad de la comunicación resulte aceptable. (Ledesma, 2011)

### **13.8.2 Tipos de Ruido**

#### **a. Ruido de Disparo**

Es un ruido electromagnético también llamado ruido de transistor, producido por la llegada aleatoria de componentes portadores (electrones y huecos) en el elemento de salida de un dispositivo, como ser un diodo, un transistor (de efecto de campo o bipolar) o un tubo de vacío. (Ledesma, 2011)

#### **a. Ruido Interno**

Es interferencia electromagnética generado dentro del circuito. Son ruidos internos a un circuito al término, el de disparo y el de tiempo de tránsito. Es importante destacar que cada uno de estos ruidos es un componente del ruido interno total. Éste, denominado simplemente ruido interno, puede calcularse por diferencias de ganancias de pérdidas, o medirse. (Ledesma, 2011)

#### **a. Ruido térmico**

Es eléctrico y es producido por la energía interna de la materia.

#### **a. Ruidos no correlacionados externos**

“Los tipos de ruidos externos más destacables tienen que ver con los producidos fuera del circuito por la naturaleza o por el hombre y obviamente sin no correlacionados. Los principales son los atmosféricos, los extraterrestres y los industriales” (Ledesma, 2011).

#### **a. Ruido atmosférico**

Es producido por la estática que se encuentra dentro de la atmósfera terrestre y esto lo distingue de los extraterrestres. La atmósfera terrestre está cargada de estática que se manifiesta habitualmente en forma de relámpagos, centellas,

rayos, etcétera. Pero “no truenos” porque estos son un efecto secundario que se manifiesta como ruidos audibles. (Ledesma, 2011)

**a. Ruido cósmico**

Es producido por fuentes de radiofrecuencia naturales aleatoriamente distribuidas por el universo, y por tal razón tiene una respuesta bastante plana entre los 8 y 1500 MHz y de presencia uniformemente distribuida en el cielo, aunque debido a la lejanía de las formaciones galácticas es de una intensidad muy baja. (Ledesma, 2011)

**13.8.3 Tipos de antenas**

Existe una gran variedad de tipos de antena, dependiendo del uso a que van a ser destinadas. En unos casos deben expandir en lo posible la potencia radiada, es decir, no deben ser directivas (ejemplo: una emisora de radio o una estación base de teléfonos móviles), otras veces deben serlo para canalizar la potencia y no interferir a otros servicios (antenas entre estaciones de radio enlaces). (Huidobro, 2013, pág. 6)

El tamaño de las antenas está relacionado con la longitud de onda ( $\lambda$ ) de la señal de radiofrecuencia transmitida o recibida, debiendo ser, en general, un múltiplo o submúltiplo exacto de esta longitud de onda y es por eso que, a medida que se van utilizando frecuencias mayores, las antenas disminuyen su tamaño. Si las dimensiones de la antena son mucho más pequeñas que la longitud de onda, las antenas se denominan elementales. La longitud de las antenas resonantes (cuando se anula la reactancia de entrada) es el múltiplo entero de la semilongitud de onda. (Huidobro, 2013, pág. 6)

**a. Antena Isotrópica**

“La antena isotrópica es una antena hipotética sin pérdida (se refiere a que el área física es cero y por lo tanto no hay pérdidas por disipación de calor) que tiene intensidad de radiación igual en todas direcciones” (Huidobro, 2013, pág. 6).

Sirve de base de referencia para evaluar la directividad. La antena isotrópica no es una antena, sino un concepto de referencia para evaluar a las antenas en su función de concentración de energía y a las pérdidas por propagación en el espacio libre en los enlaces de radiofrecuencia. Su patrón de radiación es una esfera. (Huidobro, 2013, pág. 6)

**Figura 26**

*Antena Isotrópica*



Nota: Esta figura indica la forma de irradiar una antena isotrópica, Tomada por ciudadwisp [Figura], por Sora Templates & Blogger Templates, 2017, <http://ciudadwisp.blogspot.com/2016/07/cual-es-la-diferencia-entre-dbm-y-dbi.html>.

**b. Antenas de Hilo**

Las antenas de hilo son formadas cuyos elementos radiantes son conductores de hilo que tienen una sección despreciable respecto a la longitud de onda de

trabajo. Las dimensiones suelen ser como máximo de una longitud de onda. Se utilizan extensamente en las bandas de MF, HF, VHF y UHF. (Mariana, 2012).

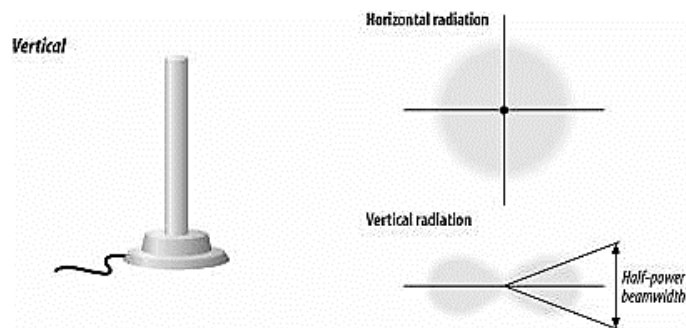
Entre los ejemplos más comunes de antenas de hilo utilizadas en radiocomunicaciones tenemos:

### c. Monopolo vertical

El monopolo vertical o antena vertical es una antena constituida de un solo brazo rectilíneo irradiante en posición vertical. Se considera que el monopolo no es una antena completa, y que necesita ser completada por un plano de masa para poder funcionar correctamente. Realmente la antena funciona correctamente sin este plano de masa, pero la eficiencia es mucho menor. (blogspot, 2010)

#### Figura 27

*Antena monopolo vertical*



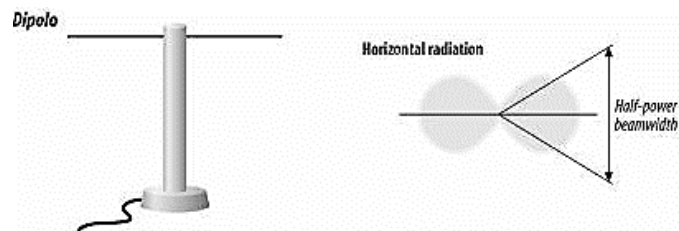
Nota: Esta figura muestra la forma de irradiar una antena monopolo vertical. Tomada de *blogspot*, por Blogspot, 2010, <http://rdspako.blogspot.com/2010/05/antenas-de-hilo.html>

### d. Dipolo

“Un dipolo es una antena con alimentación central empleada para transmitir o recibir ondas de radiofrecuencia. Estas antenas son las más simples desde el punto de vista teórico” (blogspot, 2010).

### Figura 28

#### Antena dipolo



Nota: Esta figura muestra la forma de irradiar una antena dipolo. Tomada de *blogspot*, por Blogspot, 2010, <http://rdspako.blogspot.com/2010/05/antenas-de-hilo.html>

#### e. Espira

Una antena de espira es, como el nombre lo indica, una antena compuesta de al menos una espira de un conductor. Se la puede considerar como un dipolo cuyos brazos se repliegan hasta formar una espira circular. Todas las antenas de espira son fuertemente direccionales; la dirección privilegiada está en el plano de espira, mientras que la recepción es mínima en la dirección perpendicular al plano de la espira. (blogspot, 2010)

### Figura 29

#### Antena forma de espira



Nota: Esta figura indica como es una antena en forma de espira. Tomada de *blogspot*, por Blogspot, 2010, <http://rdspako.blogspot.com/2010/05/antenas-de-hilo.html>



**f. Antenas Helicoidal**

La antena helicoidal o antena hélice es una antena conformada de solenoide. Es una evolución del mono polo vertical, en la cual el mono polo ha sido modificado para tomar la forma de un solenoide. Un solenoide es cualquier dispositivo físico capaz de crear una zona de campo magnético uniforme. Es un tipo de antena que presenta un comportamiento de alto ancho de banda. Una hélice es el resultado de bobinar un hilo conductor sobre un cilindro de diámetro constante. (Unknown, 2012)

Su modo de funcionamiento se presente cuando el largo de onda es mucho mayor a las dimensiones de la antena y se caracteriza por tener un campo radiado máximo en el plano perpendicular al eje y mínimo en el eje de la antena. (Unknown, 2012)

**Figura 30**

*Antena Helicoidal*



Nota: Esta figura indica la forma de una antena helicoidal. Tomada de *Wordpress [Figura]*, por D. Lizama, D. Carvajal y F. Navarrete, 2013, <https://supertrabajo.wordpress.com/2013/11/11/antenas/>

**g. Antenas Yagi-Uda**

Una aplicación práctica de este tipo de antenas, es el de las antenas tipo yagi-uda (directivas), ampliamente utilizadas, por ejemplo, para la recepción de señales de televisión en la banda de UHF, ya que poseen una gran directividad,

tanto mayor cuanto mayor sea el número de elementos pasivos (parásitos) que incorpore y así su ganancia es la adecuada para recibir el nivel de señal suficiente para que pueda ser amplificado sin problemas. (Huidobro , 2013, pág. 8)

### **Figura 31**

*Antena Yagi-Uda*



Nota: Esta figura indica la forma que tiene una antena Yagi-Uda. *Revista digital de acta [Figura], pág. 8, por J. M. Huidobro, 2013.*

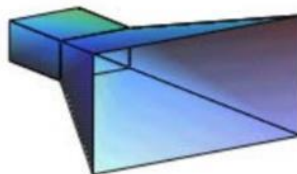
#### **h. Antenas de Apertura**

En estas antenas, la onda radiada se consigue a partir de una distribución de campo soportada por la antena y se suelen excitar por guías de onda. Son antenas de apertura las bocinas (...). Las aperturas sobre planos y ranuras sobre planos conductores y las guías de onda. (Huidobro , 2013, pág. 9)

En concreto, una bocina es una antena que se utiliza de forma generalizada a frecuencias de microondas, por sus características de gran ancho de banda y por su facilidad de construcción y diseño. Las bocinas se pueden utilizar como antena individual, en forma de agrupaciones, o como alimentador de reflectores de lentes (...). (Huidobro , 2013, pág. 8)

**Figura 32**

*Antenas de apertura (bocinas)*



Nota: Esta figura indica la forma de una antena de bocina. Tomada de *edutecne [Figura]*, por E. Monachesi, A. M. Frenzel, G. Chaile, A. Carrasco F. Gómez, 2011, [http://www.edutecne.utn.edu.ar/wlan\\_frt/antenas.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/wlan_frt/antenas.pdf)

**i. Antenas Planas**

Las antenas planas están formadas por un agrupamiento plano de radiadores y un circuito que distribuye la señal entre ellos. Su diseño se adecua de forma que la estructura disipe la potencia en forma de radiación (...). Presentan la desventaja de su estrecho ancho de banda, pero actualmente existen numerosos métodos para solventar este inconveniente. (Huidobro, 2013, pág. 10)

“La antena plana es un diseño alternativo de antena llamado “matriz planar”. Es la antena para recepción por satélite más compacta y menos molesta visualmente” (Mitiu, 2020).

**Figura 33**

*Antena plana*



Nota: Esta figura indica la forma que tiene una antena plana. *Revista digital de acta [Figura]*, pág. 10, por J. M. Huidobro, 2013.

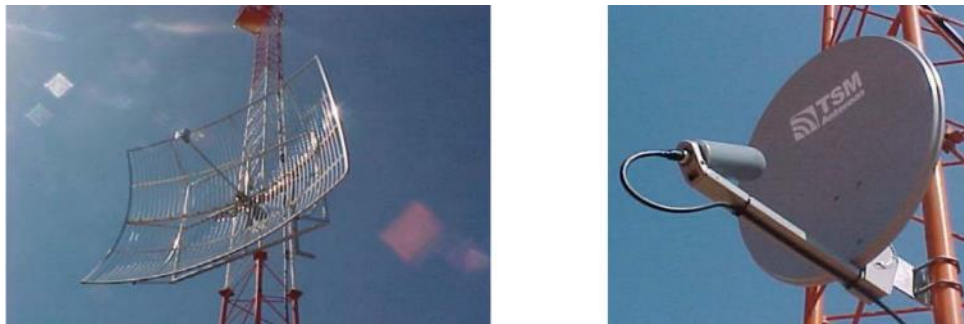
**j. Antenas con Reflector (Parabólicas)**

En este tipo de antenas la señal emitida/recibida no sale/entra directamente en/del elemento captador, sino que emite/recoge por/en el mismo una vez reflejada en un elemento pasivo que concentra la señal. En el caso de una antena receptora, su funcionamiento se basa en la reflexión de las ondas electromagnéticas, por la cual las ondas inciden paralelamente al eje principal se reflejan y van a parar a un punto denominado foco que está centrado en el paraboloide. En cambio, si se trata de una antena emisora, las ondas que emanan del foco (dispositivo de emisión) se ven reflejadas y salen en dirección paralela al eje de la antena. Básicamente, existen tres tipos básicos de antenas con reflector. (Huidobro, 2013, pág. 10)

Las antenas reflectoras parabólicas proporcionan una ganancia y una directividad extremadamente altas y son muy populares para las microondas y el enlace de comunicaciones por satélite. Una antena parabólica se compone de dos partes principales: un reflector parabólico y elemento activo llamado mecanismo de alimentación. En esencia, el mecanismo de alimentación aloja la antena principal (por lo general un dipolo), que irradia ondas electromagnéticas hacia el reflector. El reflector es un dispositivo pasivo que solo refleja la energía irradiada por el mecanismo de alimentación en una emisión concentrada altamente direccional donde las ondas individuales están todas en fase entre si (frente de ondas en fase). (Huidobro, 2013, pág. 10)

## Figura 34

### *Antenas con reflectores*



Nota: Esta figura indica la forma de las antenas con reflectores. Tomada de *edutecne [Figura]*, por E. Monachesi, A. M. Frenzel, G. Chaile, A. Carrasco F. Gómez, 2011, [http://www.edutecne.utn.edu.ar/wlan\\_frt/antenas.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/wlan_frt/antenas.pdf)

#### **k. Arrays**

Una antena de arreglo de fase (array) es un grupo de antenas que, cuando se conectan, funcionan como una sola antena cuyo ancho de haz y dirección (o sea, patrón de radiación) puede cambiarse electrónicamente sin tener que mover físicamente ninguna de las antenas individuales. La ventaja principal de este tipo de antenas es que eliminan la necesidad de mover en forma mecánica los elementos de la misma. Una aplicación típica es en radares, donde los patrones de radiación deben ser capaces de cambiar rápidamente para seguir un objeto en movimiento y, últimamente, también en las comunicaciones móviles de 3G y 4G. (Huidobro , 2013, pág. 12)

**Figura 35***Array de antenas parabólicas*

Nota: Esta figura indica un Array de antenas parabólicas. Tomada de *Revista digital de acta [Figura]*, pág. 12, por J. M. Huidobro, 2013.

**Figura 36***Array de antenas de hilo*

Nota: Esta figura indica un Array de antenas de hilo. Tomada de *Revista digital de acta [Figura]*, pág. 13, por J. M. Huidobro, 2013.

**13.9 Radioenlaces**

“Un radioenlace es un medio de telecomunicación de características específicas entre dos puntos, que utiliza ondas radioeléctricas” (Huidobro & Ordóñez , 2014, pág. 119).

**13.9.1 Clasificación de radioenlaces**

Entre las clasificaciones de los radioenlaces tenemos:

**a. Según los destinatarios de la transmisión**

Punto a punto (1:1), a punto a zona (móviles 1:1 o difusión 1: N, multipunto N:M).

**b. Según el flujo de la transmisión**

Unidireccional o bidireccional.

**c. Según la intervención de estaciones espaciales**

Terrenal o espacial

**d. Según el sentido de la transmisión en comunicaciones con satélites**

Ascendente (Tierra-espacio) o descendente (espacio-Tierra).

**e. Según el servicio**

Radioenlace del servicio fijo, radioenlace del servicio móvil, etc.

**f. Otros**

Según el modo de propagación, según el alcance o cobertura, según la potencia de emisión, etc.

**13.9.2 Presupuesto de potencia de enlace**

Un presupuesto de potencia de enlace para un enlace punto a punto es el cálculo de ganancias y pérdidas desde el radio transmisor (fuente de la señal de radio), a través de cables, conectores y espacio libre hacia el receptor. La estimación del valor de potencia en diferentes partes del radioenlace es necesaria para hacer el mejor diseño y elegir el equipamiento adecuado.

(Buettrich S. , 2007, pág. 4)

**13.9.3 Elementos de un presupuesto de enlace**

Los elementos pueden ser divididos en 3 partes principales:

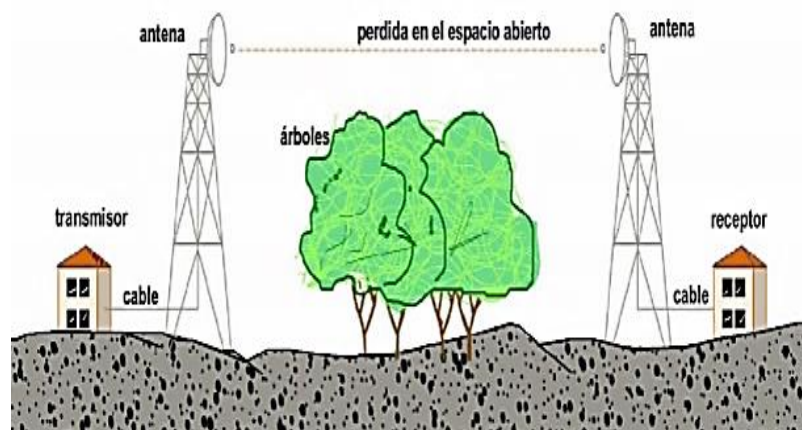
- El lado de Transmisión con potencia efectiva de transmisión
- Pérdidas en la propagación
- El lado de Recepción con efectiva sensibilidad receptiva

“Un presupuesto de radioenlace completo es simplemente la suma de todos los aportes (en decibeles) en el camino de las tres partes principales” (Buettrich S. , 2007, pág. 4).

“Potencia del transmisor [dBm] - Pérdida en el cable Tx [dB] + ganancia de la antena Tx [dBi] – Pérdidas en la trayectoria en el espacio libre [dB] + ganancia de la antena Rx [dBi] – Pérdidas en el cable Rx [dB] = Margen – Sensibilidad del receptor [dBm]” (Buettrich S. , 2007, pág. 4).

### Figura 37

*Trayectoria completa de transmisión entre el transmisor y receptor*



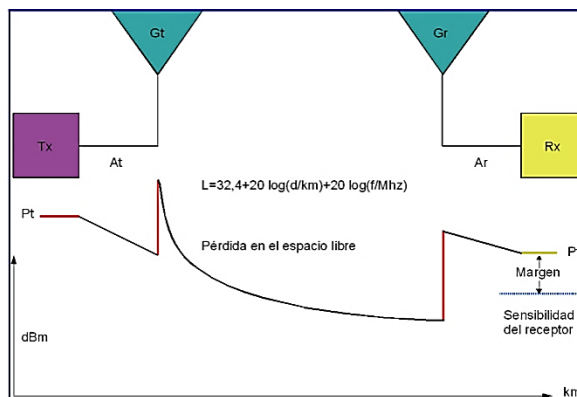
Nota: Esta figura indica la trayectoria de una onda en un presupuesto de enlace. Tomada de *itrainonline [Figura], pág. 4, por S. Buettrich, 2007,*

[http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless\\_es/files/06\\_es\\_calculo-de-radioenlace\\_guia\\_v02.pdf](http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/06_es_calculo-de-radioenlace_guia_v02.pdf)



**Figura 38**

*Potencia en dBm en función de la distancia para un radioenlace*



Nota: Esta figura indica la trayectoria de una onda en un presupuesto de enlace. Tomada de *itrainonline [Figura], pág. 5, por S. Buettrich, 2007,*

[http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless\\_es/files/06\\_es\\_calculo-de-radioenlace\\_guia\\_v02.pdf](http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/06_es_calculo-de-radioenlace_guia_v02.pdf)

Una cuestión importante a tener en cuenta es que si la potencia del transmisor y la del receptor no son iguales debe realizarse el cálculo del presupuesto tanto en el sentido transmisor – receptor como en el sentido inverso para asegurarnos que el enlace se pueda establecer efectivamente. Podría darse el caso, por ejemplo, de tener una radio base de mucha potencia para que llegue a varios clientes a distintas distancias y que uno de los clientes reciba la señal, pero no tenga la potencia suficiente para comunicarse con la radio base con lo que el enlace no podrá establecerse. (Buettrich S. , 2007, pág. 5)

## **a. El lado de la transmisión**

### **a.1. Potencia de Transmisión**

La potencia de transmisión es la potencia de salida del radio. El límite superior depende de las regulaciones vigentes en cada país, dependiendo de la frecuencia de operación y puede cambiar al variar el marco regulatorio. En

general, los radios con mayor potencia de salida son más costosos. (Buettrich S. , 2007, pág. 5)

### Tabla 3

*Ejemplo de potencia de transmisión de una tarjeta inalámbrica IEEE 802,11 a/b típica*

Protocolo	Potencia pico [dBm]	Potencia pico [mW]
IEEE 802.11b	18	65
IEEE 802.11a	20	100

Nota: Está tabla indica los datos técnicos de una tarjeta inalámbrica. Tomada de *itrainonline [Figura], pág. 6, por S. Buettrich, 2007,*

[http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless\\_es/files/06\\_es\\_calculo-de-radioenlace\\_guia\\_v02.pdf](http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/06_es_calculo-de-radioenlace_guia_v02.pdf)

#### **a.2. Pérdida del cable**

“Las pérdidas en la señal de radio se pueden producir en los cables que conectan el transmisor y el receptor de las antenas” (Buettrich S. , 2007, pág. 6).

“Las pérdidas dependen del tipo de cable y la frecuencia de operación y normalmente se mide en dB/m o dB/pies” (Buettrich S. , 2007, pág. 6).

Independiente de lo bueno que sea el cable, siempre tendrá pérdidas. Por eso, recuerde que el cable de la antena debe ser lo más corto posible. La pérdida típica en los cables está entre 0,1 dB/m y 1 dB/m. En general, mientras más grueso y rígido sea el cable menor atenuación presentará (Buettrich S. , 2007, pág. 6)

Las pérdidas en los cables dependen mucho de la frecuencia. Por eso al calcular la pérdida en el cable, asegúrese de usar valores correctos para el rango de frecuencia usada. Controle la hoja de datos del distribuidor y si fuera posible,

verifique las pérdidas tomando sus propias mediciones. Como regla general, puede tener el doble de pérdida en el cable [dB] para 5,4 GHz comparado con 2,4 GHz. (Buettrich S. , 2007, pág. 6)

**Tabla 4**

*Valores típicos de pérdida en los cables para 2,4 GHz*

Tipo de cable	Pérdida [dB/100m]
RG 58	Ca 80 – 100
RG 213	Ca 50
LMR-200	50
LMR-400	22
Aircom plus	22
LMR-600	14
Flexline de 1/2"	12
Flexline de 7/8"	6,6
C2FCP	21
Heliac de 1/2"	12
Heliac de 7/8"	7

Nota: Esta tabla indica los valores de las pérdidas de los cables para 2,4 MHz. Tomada de *itrainonline [Figura], pág. 7, por S. Buettrich, 2007,*  
[http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless\\_es/files/06\\_es\\_calculo-de-radioenlace\\_guia\\_v02.pdf](http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/06_es_calculo-de-radioenlace_guia_v02.pdf)

### **a.3. Pérdidas en los conectores**

Estime por lo menos 0,25 dB de pérdida para cada conector en su cableado.

Estos valores son para conectores bien hechos mientras que los conectores mal soldados DIY (Do It Yourself) pueden implicar pérdidas mayores. Vea la hoja de

datos para las pérdidas en su rango de frecuencia y el tipo de conectores que usará. (Buettrich S. , 2007, pág. 7)

Si se usan cables largos, la suma de las pérdidas en los conectores está incluida en una parte de la ecuación de "Pérdidas en los cables". Pero para estar seguro, siempre considere un promedio de pérdidas de 0,3 a 0,5 dB por conector como regla general. (Buettrich S. , 2007, pág. 7)

Además, los protectores contra descargas eléctricas que se usan entre las antenas y el radio deben ser presupuestados hasta con 1dB de pérdida, dependiendo del tipo. Revise los valores suministrados por el fabricante (los de buena calidad solo introducen 0,2b dB). (Buettrich S. , 2007, pág. 7)

#### **a.4.        *Amplificadores***

Opcionalmente se pueden usar amplificadores para compensar la pérdida en los cables o cuando no haya otra manera de cumplir con el presupuesto de potencia. En general el uso de amplificadores debe ser la última opción. Una escogencia inteligente de las antenas y una alta sensibilidad del receptor son mejores que la fuerza bruta de amplificación. (Buettrich S. , 2007, pág. 7)

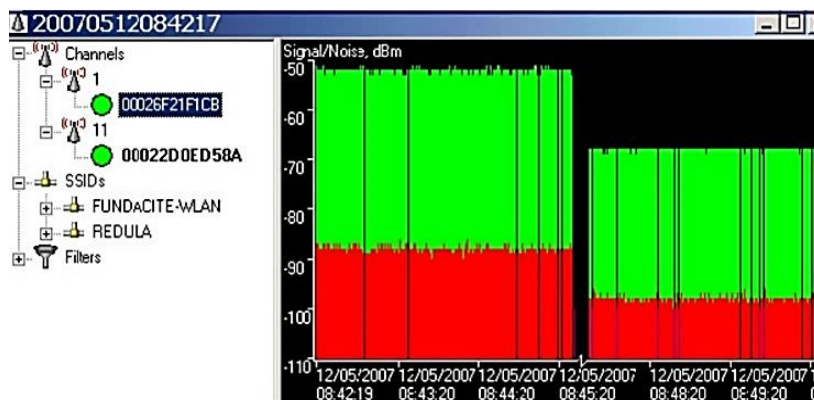
Los amplificadores de alta calidad son costosos y uno económico empeora el espectro de frecuencia (ensanchamiento), lo que puede afectar los canales adyacentes. Todos los amplificadores añaden ruido extra a la señal, y los niveles de potencia resultantes pueden contravenir las normas legales de la región. (Buettrich S. , 2007, pág. 7)

En la figura siguiente se puede observar el efecto del amplificador en la señal recibida. Obsérvese que se aumenta tanto el nivel de la señal como el del ruido. Además, se puede notar que la señal amplificada presenta mayores fluctuaciones de amplitud que la original, esto significa que la relación

Señal/Ruido se ha deteriorado a consecuencia de la amplificación. (Buettrich S. , 2007, pág. 8)

### Figura 39

*Señal y Ruido con y sin amplificar*



Nota: Esta figura indica la relación señal-ruido de un amplificador de un radioenlace. Tomada de *itrainonline [Figura], pág. 8, por S. Buettrich, 2007,*

[http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless\\_es/files/06\\_es\\_calculo-de-radioenlace\\_guia\\_v02.pdf](http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/06_es_calculo-de-radioenlace_guia_v02.pdf)

#### **a.5. Ganancia de Antena**

“La ganancia de una antena típica varía entre 2 dBi (antena integrada simple) y 8 dBi (omnidireccional estándar) hasta 21 – 30 dBi (parabólica). Tenga en cuenta que hay muchos factores que disminuyen la ganancia real de una antena” (Buettrich S. , 2007, pág. 8).

Las pérdidas pueden ocurrir por muchas razones, principalmente relacionadas con una incorrecta instalación (pérdidas en la inclinación, en la polarización, objetos metálicos adyacentes). Esto significa que solo puede esperar una ganancia completa de la antena, si está instada en forma óptima. (Buettrich S. , 2007, pág. 8)

## **b. Pérdidas de propagación**

“Las pérdidas de propagación están relacionadas con la atenuación que ocurre en la señal cuando está sale de la antena de transmisión hasta que llegue a la antena receptora” (Buettrich S. , 2007, pág. 8).

### **b.1. Pérdidas en el espacio libre**

La mayor parte de la potencia de la señal de radio se perderá en el aire. Aun en el vacío, una onda de radio pierde energía (de acuerdo con los principios de Huygens) que se irradia en direcciones diferentes a la que puede capturar la antena receptora. Nótese que esto no tiene nada que ver con el aire, la niebla, la lluvia o cualquier otra cosa que pueda adicionar pérdidas. (Buettrich S. , 2007, pág. 8).

La Pérdida en el Espacio libre (FSL), mide la potencia que se pierde en el mismo sin ninguna clase de obstáculo. La señal de radio se debilita en el aire debido a la expansión dentro de una superficie esférica. La pérdida en el Espacio libre es proporcional al cuadrado de la distancia y también proporcional al cuadrado de la frecuencia. Aplicando decibeles, resulta la siguiente ecuación: (Buettrich S. , 2007, pág. 9)

$$PEA(dB) = 20 \log_{10}(d) + 20 \log_{10}(f) + K$$

$d$  = distancia

$f$  = frecuencia

$K$  = contante que depende de las unidades usadas en  $d$  y  $f$

Si  $d$  se mide en metros,  $f$  en Hz y el enlace usa antenas isotrópicas, la fórmula es:

$$FSL(dB) = 20 \log_{10}(d) + 20 \log_{10}(f) - 187,5$$

Como regla general una red inalámbrica a 2.4 GHz, 100 dB se pierden en el primer kilómetro y la señal es reducida a 6 dB cada vez que la distancia se

duplica. Esto implica que un enlace de 2 km tiene una pérdida de 106 dB y a 4 km tiene una pérdida de 112 dB, y así sucesivamente. (Buettrich S. , 2007, pág. 10)

**Tabla 5**

*Pérdidas en Espacio Abierto (PEA) en dB para diferentes distancias y frecuencias*

Distancia (km)	915 MHz	2,4 GHz	5,8 GHz
1	92 dB	100 dB	108 dB
10	112 dB	120 dB	128 dB
100	132 dB	140 dB	148 dB

Nota: Está tabla indica las pérdidas en el espacio abierto. Tomada de *itrainonline [Figura], pág. 10, por S. Buettrich, 2007,*

[http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless\\_es/files/06\\_es\\_calculo-de-radioenlace\\_guia\\_v02.pdf](http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/06_es_calculo-de-radioenlace_guia_v02.pdf)

Estos valores son teóricos y pueden muy bien diferenciar de las mediciones tomadas. El término “espacio libre” no es siempre tan “libre”, y las pérdidas pueden ser muchas veces más grandes debido a las influencias del terreno y las condiciones climáticas. En particular, las reflexiones en cuerpos de agua o en objetos conductores pueden introducir pérdidas significativas. (Buettrich S. , 2007, pág. 10)

### **b.2. Zona de Fresnel**

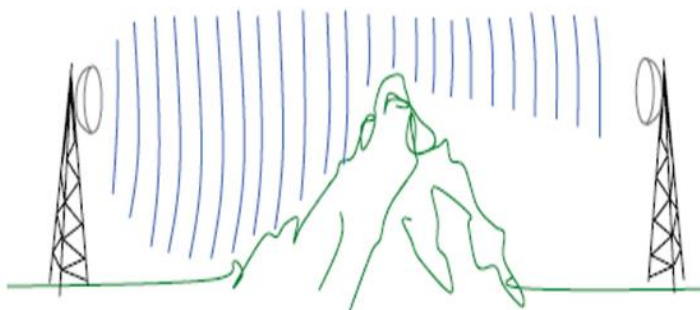
“Al diseñar un radioenlace hay que considerar varios factores importantes, entre ellos los obstáculos que pueden existir entre el emisor y el receptor de las señales de radio,

como pueden ser los edificios, árboles, montículos, etc.” (Huidobro & Ordóñez , 2014, pág. 121).

“Mediante la propagación de una onda si hubiera un obstáculo, esta se vería afectada ya que simple y sencillamente no existiría propagación, pero si calculamos las pérdidas para los obstáculos, es posible que la onda se siga propagando” (Huidobro & Ordóñez , 2014).

### **Figura 40**

*Frente de onda superando un obstáculo*



Nota: Esta figura muestra cómo se desplaza una onda electromagnética frente a un obstáculo.

Tomada de Comunicaciones por Radio: Tecnologías, Redes y Servicios de Radiocomunicaciones.

El Espectro Electromagnético [Figura], por J. M. Huidobro y J. Ordoñez, 2014, Madrid, RA-MA.

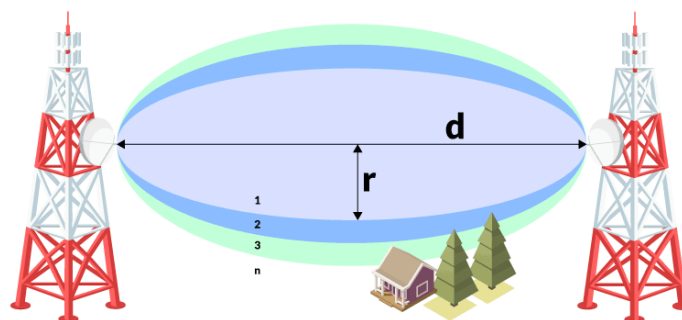
“Todo esto da lugar al cálculo de la denominada “Zona de Fresnel”, que no es nada más que un valor apropiado para establecer una comunicación inalámbrica correcta”

(Huidobro & Ordóñez , 2014).

### **Figura 41**

*Zonas de Fresnel*





Nota: Esta figura indica las n zonas de Fresnel. Tomada de Prored, J. L. Martínez, 2018,  
<https://www.prored.es/zonas-de-fresnel-en-un-radioenlace/>.

La zona 1 es la que más afecta la intensidad de la señal

La zona 2 afecta menos que la 1

La zona 3 afecta menos que la 2

Y así sucesivamente...

“Existe un número infinito de zonas (n) pero habitualmente se realizan los cálculos hasta la tercera zona, porque a partir de ella, el efecto de cancelación se hace despreciable” (Martínez, 2018).

“La fórmula genérica de cálculo de las zonas de Fresnel es:” (Huidobro & Ordóñez , 2014, pág. 123).

$$F_n = \sqrt{\frac{\lambda n d_1 d_2}{d_1 + d_2}}$$

Donde:

$n$  = radio de la enésima zona de Fresnel ( $n = 1, 2, 3 \dots$ ).

$d_1$  = distancia desde el transmisor al objeto en km.

$d_2$  = distancia desde el objeto al receptor en km.

$\lambda$  = longitud de onda de la señal transmitida en m.

En la práctica, es muy habitual calcular el máximo radio en metros de la primera zona de Fresnel o haz radioeléctrico. Este valor tiene lugar en el centro del radioenlace. Este punto,  $d_1$  es igual a  $d_2$ , y la formula nos quedaría así.

(Martínez, 2018)

$$F_1[m] = 8.656 \sqrt{\frac{D[km]}{f[Ghz]}}$$

Donde:

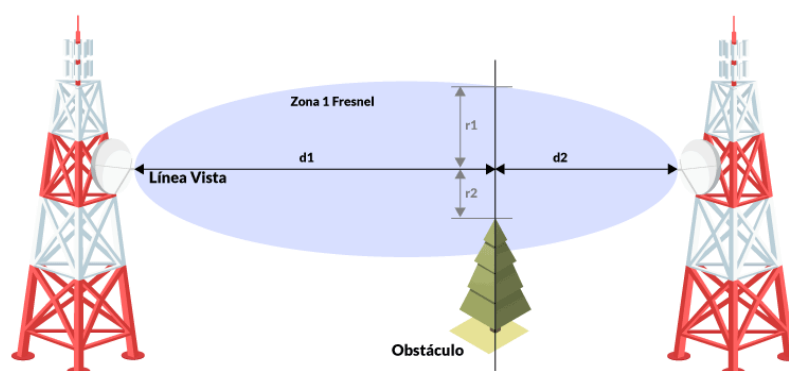
$D$  = es la distancia en km entre las antenas

$f$  = es la frecuencia en Ghz de la señal transmitida

En general el estándar en el diseño de un radioenlace para considerarlos aceptable es que la primera zona de Fresnel debe estar despejada en un 60% a lo largo de toda su extensión. Esto significa que, si entre nuestras antenas existe un obstáculo, como el árbol de la Figura 39, la distancia del punto más alto hasta la línea vista debe ser superior al 60% del valor de la primera zona de Fresnel calculada en este punto: (Martínez, 2018)

### Figura 42

*Primera zona de Fresnel*



Nota: Esta figura indica la primera zona de Fresnel. Tomada de Prored, J. L. Martínez, 2018, <https://www.prored.es/zonas-de-fresnel-en-un-radioenlace/>.

Es decir:

$$r_2 \geq r_1 * 0,6$$

Siendo:

“ $r_1$  = el radio o distancia resultante de calcular la primera zona de Fresnel a la distancia del obstáculo” (Martínez, 2018).

“ $r_2$  = el radio o distancia desde el punto más elevado del obstáculo hasta la línea de vista entre las antenas” (Martínez, 2018).

Tomando el 60% nos queda:

$$0,6r = 5,2 * \sqrt{\frac{D}{f}}$$

**Tabla 6**

*Radio (m) para la primera zona de Fresnel*

Distancia (km)	915 MHz	2,4 GHz	5,8 GHz	Altura de la curvatura terrestre
1	9	6	4	0
10	29	18	11	4,2
100	90	56	36	200

Nota: Está tabla indica el radio para la primera zona de Fresnel. Tomada de *itrainonline [Figura]*,

*pág. 11, por S. Buettrich, 2007,*

[http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless\\_es/files/06\\_es\\_calculo-de-radioenlace\\_guia\\_v02.pdf](http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/06_es_calculo-de-radioenlace_guia_v02.pdf)

### **b.3. La curvatura de la tierra**

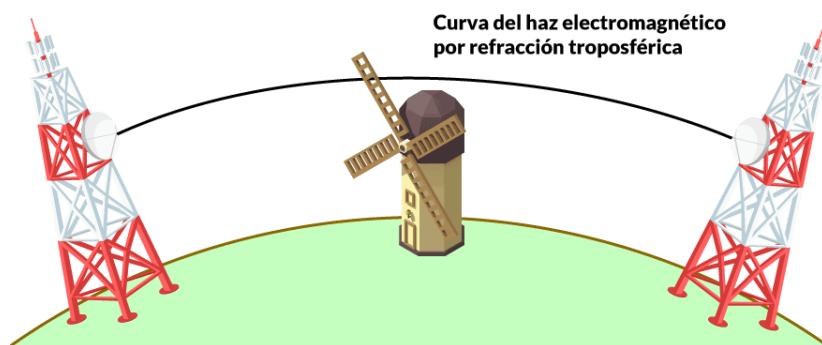
“Cuando hablamos de obstáculos pensamos en objetos, pero hay otra cosa más grande que también puede producir problemas: la tierra. Si la distancia entre las antenas es

muy grande, la curvatura terrestre puede interferir en la señal de varias maneras” (Martínez, 2018).

- Aumentando la altura de los obstáculos intermedios,
- Curvando el haz electromagnético como consecuencia de la refracción troposférica
- Convirtiéndose ella misma en un obstáculo.

### **Figura 43**

*Curva de haz electromagnético*



Nota: Esta figura indica la curva del haz electromagnético. Tomada de Prored, J. L. Martínez, 2018, <https://www.prored.es/zonas-de-fresnel-en-un-radioenlace/>.

“A la hora de calcular la altura de los obstáculos y ver si sobrepasan el 60% de la primera zona de Fresnel, tendremos que aplicar un factor corrector, también conocido como flecha” (Martínez, 2018).

$$f = \frac{d_1 d_2}{2ka}$$

Donde:

$d_1$  = es la distancia del punto donde calculamos el valor de la zona a la antena emisora

$d_2$  = es la distancia del punto donde calculamos el valor de la zona a la antena receptora

$k$  = es la constante de la tierra ficticia, habitualmente 4/3

$a$  = es el radio de la tierra (6370 km)

### c. Lado Receptor (Rx)

#### c.1. *Ganancia de la antena desde el receptor*

Véase “Ganancia de Antena desde el transmisor”

#### c.2. *Amplificadores desde el receptor*

“Los cálculos y los principios son los mismos que el transmisor. Nuevamente, la amplificación no es un método recomendable a menos que otras opciones hayan sido consideradas y aun así sea necesario, por ejemplo, para compensar pérdidas en el cable” (Buettrich S. , 2007, pág. 12).

#### c.3. *Sensibilidad del receptor*

“La sensibilidad de un receptor es un parámetro que merece especial atención ya que identifica el valor mínimo de potencia que necesita para poder decodificar/extraer “bits lógicos” y alcanzar una cierta tasa de bits” (Buettrich S. , 2007, pág. 12).

“Cuando más baja se ala sensibilidad, mejor será la recepción del radio. Un valor típico es -82 dBm en un enlace de 11 Mbps y -94 dBm para uno de 1 Mbps” (Buettrich S. , 2007, pág. 12).

“Una diferencia de 10 dB aquí (que se puede encontrar fácilmente entre diferentes tarjetas) es tan importante como 10 dB de ganancia que pueden ser obtenidos con el uso de amplificadores o antenas más grandes” (Buettrich S. , 2007, pág. 12).

**Tabla 7**

*Valores típicos de la sensibilidad del receptor de las tarjetas de red inalámbrica*

Tarjeta	11 Mbps	5,5 Mbps	2 Mbps	1 Mbps
Orinoco PCMCIA	-82 dBm	-87 dBm	-91 dBm	-94 dBm

Tarjeta	11 Mbps	5,5 Mbps	2 Mbps	1 Mbps
Silver/Gold				
Senao 802.11b card	-89	-91	-93	-95

Nota: Esta tabla indica los *Valores típicos de la sensibilidad del receptor de las tarjetas de red inalámbrica*. Tomada de *itrainonline [Figura]*, pág. 12, por S. Buettrich, 2007, [http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless\\_es/files/06\\_es\\_calculo-de-radioenlace\\_guia\\_v02.pdf](http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/06_es_calculo-de-radioenlace_guia_v02.pdf)

#### **c.4. Margen y Relación S/N**

“No es suficiente que la señal que llega el receptor sea mayor que la sensibilidad del mismo, sino que además se requiere que haya cierto margen para garantizar el funcionamiento adecuado” (Buettrich S. , 2007, pág. 12).

“La relación entre en ruido y la señal se mide por la tasa de señal a ruido (S/N). Un requerimiento típico de la SNR (Signal Noise Range) es 16 dB para una conexión de 11 Mbps y 4dB para la velocidad más baja de 1 Mbps” (Buettrich S. , 2007, pág. 12).

En situaciones donde hay muy poco ruido el enlace está limitado primeramente por la sensibilidad del receptor. En áreas urbanas donde hay muchos radioenlaces operando, es común encontrar altos niveles de ruido (tan altos como -92 dBm). (Buettrich S. , 2007, pág. 12)

En estos escenarios, se requiere un margen mayor:

$$\text{Relación señal ruido [dB]} = 10 \log_{10} \left( \frac{\text{Potencia de la señal [W]}}{\text{Potencia del ruido [W]}} \right)$$

“En condiciones normales sin ninguna otra fuente en la banda de 2.4 GHz y sin ruido de industrias, el nivel de ruido es alrededor de los -100 dBm” (Buettrich S. , 2007, pág. 13)

### 13.9.4 Conversión de unidades para radioenlace

#### a. Conversión de Watt a dBm

“Familiarizarse con la conversión entre potencia (W) y dBm es muy útil para hacer cálculos de enlaces. En los cálculos de enlace, hay tres tipos de unidades logarítmicas” (Buettrich S. , 2007, pág. 14).

dB (decibel)

“Se usa para medir pérdidas en los cables y conectores o ganancia de antenas y amplificadores. EL decibel es una unidad relativa correspondiente al logaritmo decimal del cociente de dos valores de potencia” (Buettrich S. , 2007, pág. 14).

$$dB = 10 * \log\left(\frac{P2}{P1}\right)$$

“Los dB son dispositivos positivos cuando se refieren a una ganancia, como la de una antena o un amplificador, y negativos cuando corresponden a una atenuación, como la de un cable” (Buettrich S. , 2007, pág. 14).

#### b. dBm (dB referido a un mW)

El dBm es una unidad logarítmica referida a la potencia de 1 mili Watt (0,001 W). Por lo tanto, mide potencia absoluta. Será positivo cuando se refiera a valores superiores a 1mW y negativo para valores inferiores a 1mW, como los correspondientes a potencias recibidas. (Buettrich S. , 2007, pág. 14).

$$dBm = 10 * \log\left(\frac{P}{0.001W}\right) = 10 * \log\left(\frac{P}{1mW}\right)$$

#### c. dBi (decibel respecto a la isotrópica)

“Usado para expresar la ganancia de una antena en comparación con una antena isotrópica, es decir aquella que irradia en todas direcciones con la misma intensidad” (Buettrich S. , 2007, pág. 15).

$$dBi = dB \text{ relativo a una antena isotrópica}$$

Cuando se usa dB para calcular la Potencia es útil recordar la siguiente guía:

Duplicar la potencia es igual que agregar 3 dB

Reducir la potencia a la mitad es igual que restar 3 dB

Supongamos que tenemos una potencia de transmisión de 100 mW (20 dBm). Si duplicamos la potencia del transmisor a 200 mW, agregamos 3dB a 20 dBm que da 23 dBm. De esta forma, 400 mW dan 26 dBm y 800 mW dan 29 dBm.

Siguiendo el mismo razonamiento 50 mW son 17 dBm (20 dBm – 3dB).

(Buettrich S. , 2007, pág. 15)

### 13.9.5 Regulación jerárquica del espectro radioeléctrico en Ecuador

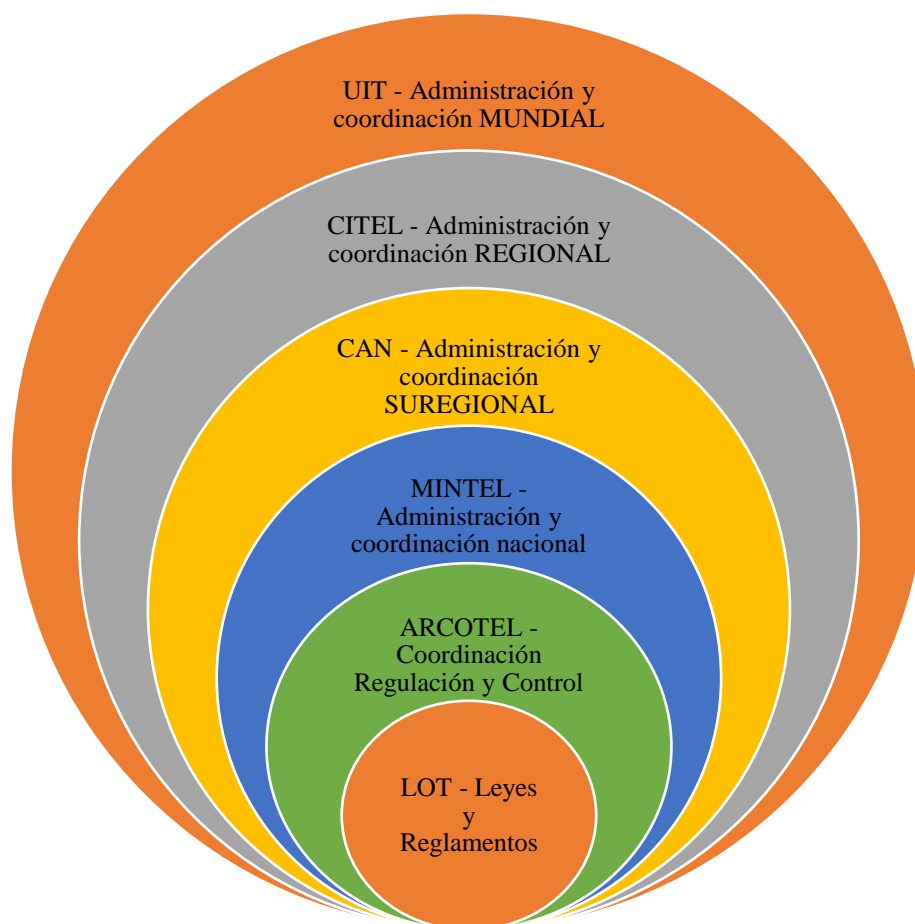


Figura 44. Regulación jerárquica del espectro radioeléctrico de Ecuador

Fuente: (LLanos, 2013, pág. 26)



### **13.9.6 Aspectos económicos de la Gestión del Espectro Radioeléctrico en Ecuador**

“El desarrollo de actividades que tienen lugar para llevar a cabo la gestión del espectro radioeléctrico resulta muy costoso. En la práctica los costos en los que incurre el Estado serán recuperados a través del pago de derechos de la licencia, que realizan los usuarios del espectro” (LLanos, 2013, pág. 28).

“Este punto de vista es fundamental en el hecho de que el espectro tiene un valor. En Ecuador se ha fijado administrativamente un valor por derechos de concesión y otro que corresponde al valor de una imposición mensual por uso de frecuencias” (LLanos, 2013, pág. 28).

Hay que considerar también que una parte del espectro denominado de uso libre es utilizado para la prestación de servicios de radiocomunicaciones, como los radioaficionados, los transmisores de corto alcance, etcétera., sobre los cuales no se fija una tarifa mensual, sino que, se establece un valor por el registro que requiere tener el organismo regulador. (LLanos, 2013, pág. 28)

“Podemos considerar que el Estado realiza la asignación de una frecuencia o bandas de frecuencia, determinando los derechos de uso a todos los agentes solicitantes, quienes previamente han dado estricto cumplimiento a los requisitos técnicos y legales establecidos” (LLanos, 2013, pág. 28).

#### **a. Canon por uso del espectro radioeléctrico**

“La tarea más compleja en el establecimiento del canon por uso del espectro radioeléctrico es fijar el valor adecuado, buscando un equilibrio, ni muy alto que desincentive su uso, ni muy bajo, que afecte la eficiencia de uso del recurso” (LLanos, 2013, pág. 29).

El rol de la fijación de los derechos por uso del espectro tiene como finalidad reducir el acaparamiento de frecuencias, incrementar la eficiencia en el uso del espectro, ayudar a cubrir costos regulatorios y coadyuvar en el objetivo de evitar el uso no autorizado del recurso. (LLanos, 2013, pág. 29).

Varias consideraciones tienen lugar al momento de tasar el canon por uso del espectro: en unos casos se consideran parámetros relativos a la cantidad de espectro utilizada en otros, anchura de banda y área de cobertura, anchura de banda y potencia o una combinación de parámetros, así como también, las características propias de la infraestructura del sistema de radiocomunicaciones. (LLanos, 2013, pág. 29).

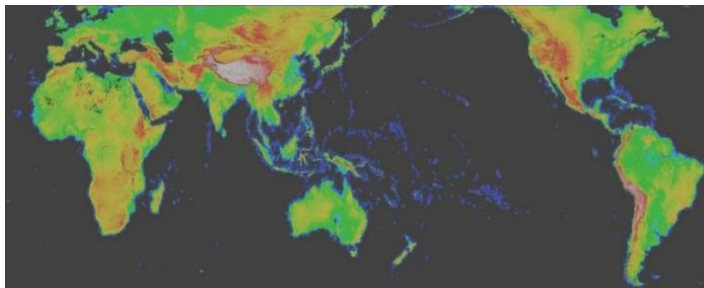
#### **13.9.7 Radio Mobile.**

Radio Mobile es un programa de simulación de radio propagación gratuito desarrollado por Roger Coudé para predecir el comportamiento de sistemas radio, simular radioenlaces y representar el área de cobertura de una red de radiocomunicaciones, entre otras funciones. Trabaja en un rango de frecuencias entre 20 MHz y 20 GHz y está basado en el modelo de propagación ITM (Irregular Terrain Model) o modelo Longley – Rice. (Grupo de Radiocomunicación, 2007, pág. 3)

Radio Mobile utiliza datos de elevación del terreno que se descargan gratuitamente de Internet para crear mapas virtuales del área de interés, vistas estereoscópicas, vistas en 3D y animaciones de vuelo. Los datos de elevación se pueden obtener de diversas fuentes, entre ellas del proyecto de la NASA Shuttle Terrain Mapping Mision (SRTM) que provee datos de altitud con una precisión de 3 segundos de arco (100m). (Grupo de Radiocomunicación, 2007, pág. 3)

**Figura 45.**

*Mapa mundial creado en Radio Mobile*



Nota: Esta figura evidencia una foto creada en Radio Mobile utilizando datos de elevación SRTM.

Tomado de Grupo de Radiocomunicación [Figura], por Grupo de Radiocomunicación, 2007,  
<http://www.eslared.net/walcs/walc2011/material/track1/Manual%2520de%2520Radio%2520Mobile.pdf>.

## 14 Desarrollo del proyecto

### 14.1 Zona Geográfica del Cantón Latacunga

El cantón Latacunga pertenece a la provincia de Cotopaxi, el mismo que se crea el 25 de junio de 1824, con una extensión de  $1377,2\text{Km}^2$ , cuenta con una población de 161,447 habitantes aproximadamente, altitud de 2850 msnm, clima templado y frío, temperatura media anual de  $13^{\circ}\text{C}$ . (Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial, 2014).

### 14.2 Localización geográfica de las estaciones de radio y repetidor

**Tabla 8.**

*Localización geográfica de las estaciones de la Red Espe*

Estaciones	Función	Latitud	Longitud	Altura(m)
Cerro Putzalahua	Repetidor	00°57'57,2"	78°33'43,5"	3489,5m
Carro Pilisurco	Estación Fija	01°09'15,1"	78°39'56,7"	4123,3m
Espe Centro	Estación Fija	00°56'09,9"	78°36'45,2"	2773m
Espe Belisario	Estación Fija	00°59'56,7"	78°35'04,7"	2734m
Portátil Píllaro	Estación Fija	01°10'27,3"	78°32'39,9"	2791,8m
Portátil Brigada	Estación Portátil	00°51'08,7"	78°37'19"	2854,2m
F.E. N.º 9 Patria				
Portátil Pujilí	Estación Fija	00°57'14,8"	78°41'38,6"	2948,6m
Portátil Toacazo	Estación Fija	00°45'13,4"	78°41'36,6"	3217m
Vehicular Chasqui	Estación Vehicular	00°39'12,8"	78°35'30,9"	3500,3m

Nota: En esta tabla se puede evidenciar las coordenadas geográficas en las que se encuentran instalados cada punto de estación.

### 14.3 Especificaciones técnicas de los equipos a emplear

A continuación, en la Tabla 9, indica una lista de equipos con los parámetros básicos que son necesarios para poder realizar los cálculos para el funcionamiento del radioenlace, entre los cuales se detallan a continuación.

**Tabla 9.**

*Especificaciones técnicas de equipos a emplear*

Equipos	Potencia de Tx	Sensibilidad de Rx	Ganancia de la Antena
Repetidor Kenwood NXR-710	50W	-118,1dB	9dBi
Radio Fija Kenwood NX-700	50W	-118,1dB	9dBi
Radio vehicular Kenwood NX-700	50W	-118,1dB	1dBi
Radio portátil Kenwood NX-200	5W	-116,9dB	2,15dBi

Nota: En esta tabla se han colocado los parámetros necesarios para el cálculo del presupuesto del radioenlace.

### 14.4 Cálculos para el radioenlace

A continuación, se detallan los cálculos realizados, para la implementación del radioenlace, para lo cual se ha tomado en cuenta ciertas estaciones que son las de mayor interés entre las cuales se detallan a continuación.

#### 14.4.1 Belisario – Putzalahua

- FRECUENCIA TX (152,3150Mhz)

##### a. Potencia de transmisión

Según los datos técnicos de la Radio Kenwood NX-700 que indica en el Anexo 2, opera en un rango de frecuencia comprendida entre 136Mhz y 174Mhz, con una potencia de salida de 50W. Para lo cual es necesario transformar los Watt a dBm, para realizar los cálculos del presupuesto de enlace, aplicando la siguiente fórmula.

$$PTx = 50W$$

$$PTx(dBm) = 10 \log_{10}\left(\frac{P(W)}{1W}\right) + 30$$

$$PTx(dBm) = 10 \log_{10}\left(\frac{P(50W)}{1W}\right) + 30$$

$$PTx(dBm) = 46,989$$

Donde,

PTx = Potencia de Transmisión

##### b. Pérdida en el espacio libre

Para conocer la intensidad del nivel de recepción cuando existe línea de vista entre el Transmisor y el Receptor se realiza el cálculo de este parámetro, para lo cual se lo realiza de la siguiente manera:

$$FSL(dB) = 32,4 + 20 \log_{10}(d/Km) + 20 \log_{10}(f/Mhz)$$

$$FSL(dB) = 32,4 + 20 \log_{10}(4,46Km) + 20 \log_{10}(152,3150Mhz)$$

$$FSL(dB) = 89,04$$

Donde,

FSL = Free Lost Space (Pérdida en el espacio libre)

$f$  = Frecuencia de Transmisión en Mhz

$d$  = Distancia en Kilómetros

**c. Pire**

$$PIRE(dB) = PTx(dBm) - Acable Tx (dB) + GTx(dBi)$$

$$PIRE(dB) = PTx(46,989dBm) - Acable Tx (3,25dB) + GTx(9dBi)$$

$$PIRE(dB) = 52,739$$

Donde,

$PIRE$  = Potencia Irradiada Isotrópica Efectiva

$PTx$  = Potencia de Transmisión

$ATx$  = Atenuación en el cable de Transmisión

$GTx$  = Ganancia en la antena de Transmisión

**d. Zonas de Fresnel**

Estos son los cálculos para calcular la primera zona de Fresnel

$$F1(m) = \sqrt{\frac{n\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}}$$

$$F1(m) = \sqrt{\frac{1 \left( \frac{3 * 10^8}{152.3150 * 10^6 Mhz} \right) (3750m * 710m)}{3750m + 710m}}$$

$$F1(m) = 34.29$$

Donde,

$n$  = Número de zona: 1, 2, 3...

$\lambda$  = Longitud de onda de la señal emitida

$d_1$  = Distancia del punto 1

$d_2$  = Distancia del punto 2

$$\lambda = \frac{v(m/s)}{f(Hz)}$$

Donde,

$v$  = Velocidad de onda

$f$  = Frecuencia

La cobertura recomendada en la primera zona de Fresnel es del 80% sin obstrucción y lo mínimo es del 60%, para lo cual se realizan los cálculos para un porcentaje del 60%, que se detalla a continuación:

$$0,6F1(m) = F1(m) * 0.6$$

$$60\%F1(m) = 34.29m * 0.6$$

$$60\%F1(m) = 20.574$$

Para calcular la primera zona de Fresnel en el punto medio del radioenlace que es donde se encuentra el máximo radio en metros o haz radioeléctrico se calcula a partir de la siguiente fórmula.

$$Fr(m) = 8,656 \sqrt{\frac{(d/km)}{4(f/Ghz)}}$$

$$Fr(m) = 8,656 \sqrt{\frac{4,460Km}{4(0,152315Ghz)}}$$

$$Fr(m) = 23,42$$

Segunda zona de Fresnel

$$F2(m) = \sqrt{\frac{n\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}}$$

$$F2(m) = \sqrt{\frac{2\left(\frac{3 * 10^8}{152.3150 * 10^6}\right)(3750m * 710m)}{3750m + 710m}}$$

$$F2(m) = 48.50$$

Tercera zona de Fresnel



$$F3(m) = \sqrt{\frac{n\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}}$$

$$F3(m) = \sqrt{\frac{3 \left( \frac{3 * 10^8}{152.3150 * 10^6} \right) (3750m * 710m)}{3750m + 710m}}$$

$$F3(m) = 59.39$$

**e. Potencia recibida**

$$PRx(dBm) = PTx(dBm) - ATx(dB) + GTx(dBi) - FSL(dB) + GRx(dBi) - ARx(dB)$$

$$PRx(dB) = PTx(46,989dBm) - ATx(3,45dB) + GTx(9dBi) - FSL(89,04dB)$$

$$+ GRx(9dBi) - ARx(4,2dB)$$

$$PRx(dB) = -31,70$$

Donde,

$PRx$  = Potencia de Recepción

$PTx$  = Potencia de Transmisión

$ATx$  = Atenuación en el cable de Transmisión

$GTx$  = Ganancia en la antena de Transmisión

$FSL$  = Pérdida en el espacio libre

$GRx$  = Ganancia en la antena de Recepción

$ARx$  = Atenuación en el cable de Recepción

**f. Margen de desvanecimiento**

La sensibilidad de recepción según la repetidora Kenwood NRX-710 del Anexo 1, indica que opera:  $SRx(-118,1dBm)$

$$M(dB) = PRx(dBm) - SRx(dBm)$$

$$M(dB) = PRx(-31,70dBm) - SRx(-118,1dBm)$$

$$M(dB) = (86,50)$$

Donde,

$M$  = Margen de desvanecimiento

$PRx$  = Potencia de Recepción

$SRx$  = Sensibilidad de Recepción

#### **14.4.2 Putzalahua – Espe Belisario**

- FRECUENCIA TX (153,3750Mhz)

##### **a. Potencia de transmisión**

Según los datos técnicos de la Repetidora Kenwood NXR-710 como especifica el Anexo 1, indica que opera en un rango de frecuencia comprendida entre 136Mhz y 174Mhz, con una potencia de salida de 50W. Igualmente es necesario transformar los Watt a dBm.

$$PTx = 50W$$

$$PTx(dBm) = 10 \log_{10}\left(\frac{P(W)}{1W}\right) + 30$$

$$PTx(dBm) = 10 \log_{10}\left(\frac{P(50W)}{1W}\right) + 30$$

$$PTx(dBm) = 46,989$$

##### **b. Pérdida en el espacio libre**

De igual manera se realiza el cálculo de este parámetro para saber la pérdida del radioenlace que existe desde el cerro Putzalahua hacia la Espe Belisario Quevedo.

$$FSL(dB) = 32,4 + 20 \log_{10}(d/Km) + 20 \log_{10}(f/Mhz)$$

$$FSL(dB) = 32,4 + 20 \log_{10}(4,46Km) + 20 \log_{10}(153,3750Mhz)$$

$$FSL(dB) = 89,10$$

##### **c. Pire**

$$PIRE(dB) = PTx(dBm) - Acable Tx (dB) + GTx(dBi)$$

$$PIRE(dB) = PTx(46,989dBm) - Acable Tx (4dB) + GTx(9dBi)$$

$$PIRE(dB) = 51.989$$

#### d. Zonas de Fresnel

Estos son los cálculos para calcular la primera zona de Fresnel

$$F1(m) = \sqrt{\frac{n\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}}$$

$$F1(m) = \sqrt{\frac{1\left(\frac{3 * 10^8}{153.3750 * 10^6 Mhz}\right)(710m * 3750m)}{710m + 3750}}$$

$$F1(m) = 34.17$$

Donde,

$n$  = Número de zona: 1, 2, 3...

$\lambda$  = Longitud de onda de la señal emitida

$d_1$  = Distancia del punto 1

$d_2$  = Distancia del punto 2

$$\lambda = \frac{v(m/s)}{f(Hz)}$$

Donde,

$v$  = Velocidad de onda

$f$  = Frecuencia

La cobertura del 60%:

$$0,6F1(m) = F1(m) * 0.6$$

$$60\%F1(m) = 34.17m * 0.6$$

$$60\%F1(m) = 20.50$$

Primera zona de Fresnel en el punto medio del radioenlace

$$Fr(m) = 8,656 \sqrt{\frac{(d/km)}{4(f/Ghz)}}$$

$$Fr(m) = 8,656 \sqrt{\frac{4,46Km}{4(0,153375Ghz)}}$$

$$Fr(m) = 23,34$$

Segunda zona de Fresnel

$$F2(m) = \sqrt{\frac{n\lambda d_1 d_2}{d1 + d2}}$$

$$F2(m) = \sqrt{\frac{2\left(\frac{3 * 10^8}{153.3750 * 10^6}\right)(710m * 3750m)}{710m + 3750m}}$$

$$F2(m) = 48.32$$

Tercera zona de Fresnel

$$F3(m) = \sqrt{\frac{n\lambda d_1 d_2}{d1 + d2}}$$

$$F3(m) = \sqrt{\frac{3\left(\frac{3 * 10^8}{152.3150 * 10^6}\right)(3750m * 710m)}{3750m + 710m}}$$

$$F3(m) = 59.18$$

**e. Potencia recibida**

$$PRx(dBm) = PTx(dBm) - ATx (dB) + GTx(dBi) - FSL(dB) + GRx(dBi) - ARx(dB)$$

$$PRx(dB) = PTx(46,989dBm) - ATx (4,2dB) + GTx(9dBi) - FSL(89,10dB) + GRx(9dBi)$$

$$- ARx(3,45dB)$$

$$PRx(dB) = -31,76$$

**f. Margen de desvanecimiento**

Sensibilidad de Recepción según Anexo 2, indica que la radio Kenwood NX-700, indica que opera:  $SRx(-118,1dBm)$

$$M(dB) = PRx(dBm) - SRx(dBm)$$

$$M(dB) = PRx(-31,76dBm) - SRx(-118,1dBm)$$

$$M(dB) = (86,34)$$

**14.4.3 Espe centro – Putzalahua**

- FRECUENCIA TX (152,3150Mhz)

**a. Potencia de transmisión**

La potencia de transmisión según Anexo 2, indica que la de la Radio Kenwood NX-700, indica que trabaja:  $PTx = 50W$

$$PTx(dBm) = 10 \log_{10}\left(\frac{P(W)}{1W}\right) + 30$$

$$PTx(dBm) = 10 \log_{10}\left(\frac{P(50W)}{1W}\right) + 30$$

$$PTx(dBm) = 46,989$$

**b. Pérdida en el espacio libre**

$$FSL(dB) = 32,4 + 20 \log_{10}(d/Km) + 20 \log_{10}(f/Mhz)$$

$$FSL(dB) = 32,4 + 20 \log_{10}(6,51Km) + 20 \log_{10}(152,3150Mhz)$$

$$FSL(dB) = 92,32$$

**c. Pire**

$$PIRE(dB) = PTx(dBm) - Acable Tx (dB) + GTx(dBi)$$

$$PIRE(dB) = PTx(46,989dBm) - Acable Tx (3,25dB) + GTx(9dBi)$$

$$PIRE(dB) = 52,74$$

**d. Zonas de Fresnel**

Estos son los cálculos para calcular la primera zona de Fresnel

$$F1(m) = 17,32 \sqrt{\frac{D(Km)}{4(f/Ghz)}}$$

$$F1(m) = 17,32 \sqrt{\frac{D(6,51Km)}{4(0,1523150Ghz)}}$$

$$F1(m) = 56,61$$

Donde,

$D$  = Distancia total entre los puntos

$f$  = Frecuencia

La cobertura del 60%:

$$0,6F1(m) = F1(m) * 0.6$$

$$60\%F1(m) = 56.61m * 0.6$$

$$60\%F1(m) = 33,97$$

Para calcular la primera zona de Fresnel en el punto medio del radioenlace que es donde se encuentra el máximo radio en metros o haz radioeléctrico se calcula a partir de la siguiente fórmula.

$$Fr(m) = 8,656 \sqrt{\frac{(d/km)}{4(f/Ghz)}}$$

$$Fr(m) = 8,656 \sqrt{\frac{6,51Km}{4(0,152315Ghz)}}$$

$$Fr(m) = 28,30$$

**e. Potencia recibida**

$$PRx(dBm) = PTx(dBm) - ATx (dB) + GTx(dBi) - FSL(dB) + GRx(dBi) - ARx(dB)$$

$$PRx(dB) = PTx(46,989dBm) - ATx(3,45dB) + GTx(9dBi) - FSL(92,32dB)$$

$$+ GRx(9dBi) - ARx(4,2dB)$$

$$PRx(dB) = -34,98$$

**f. Margen de desvanecimiento**

Sensibilidad de Recepción según Anexo 1, indica que la repetidora Kenwood NRX-710,

trabaja:  $SRx(-118,1dBm)$

$$M(dB) = PRx(dBm) - SRx(dBm)$$

$$M(dB) = PRx(-34,98dBm) - SRx(-118,1dBm)$$

$$M(dB) = 83,12$$

**14.4.4 Putzalahua - Espe centro**

- FRECUENCIA TX (153,3750Mhz)

**a. Potencia de transmisión**

Potencia de transmisión según Anexo 1, indica que la repetidora Kenwood NXR-710,

indica que opera:

$$PTx = 50W$$

$$PTx(dBm) = 10 \log_{10}\left(\frac{P(W)}{1W}\right) + 30$$

$$PTx(dBm) = 10 \log_{10}\left(\frac{P(50W)}{1W}\right) + 30$$

$$PTx(dBm) = 46,989$$

**b. Pérdida en el espacio libre**

$$FSL(dB) = 32,4 + 20 \log_{10}(d/Km) + 20 \log_{10}(f/Mhz)$$

$$FSL(dB) = 32,4 + 20 \log_{10}(6,51Km) + 20 \log_{10}(153,3750Mhz)$$

$$FSL(dB) = 92,38$$

**c. Pire**

$$PIRE(dB) = PTx(dBm) - Acable Tx (dB) + GTx(dBi)$$

$$PIRE(dB) = PTx(46,989dBm) - Acable Tx (4dB) + GTx(9dBi)$$

$$PIRE(dB) = 52$$

**d. Zonas de Fresnel**

Estos son los cálculos para calcular la primera zona de Fresnel

$$F1(m) = 17,32 \sqrt{\frac{D(Km)}{4(f/Ghz)}}$$

$$F1(m) = 17,32 \sqrt{\frac{D(6,51Km)}{4(0,1533750Ghz)}}$$

$$F1(m) = 56,42$$

Donde,

$D$  = Distancia total entre los puntos

$f$  = Frecuencia

La cobertura del 60%:

$$0,6F1(m) = F1(m) * 0.6$$

$$60\%F1(m) = 56.42m * 0.6$$

$$60\%F1(m) = 33,85$$

Primera zona de Fresnel en el punto medio del radioenlace.

$$Fr(m) = 8,656 \sqrt{\frac{(d/km)}{4(f/Ghz)}}$$

$$Fr(m) = 8,656 \sqrt{\frac{6,51Km}{4(0,153375Ghz)}}$$

$$Fr(m) = 28,19$$



**e. Potencia recibida**

$$PRx(dBm) = PTx(dBm) - ATx(dB) + GTx(dBi) - FSL(dB) + GRx(dBi) - ARx(dB)$$

$$PRx(dB) = PTx(46,989dBm) - ATx(4,2dB) + GTx(9dBi) - FSL(92,38dB) + GRx(9dBi) - ARx(3,45dB)$$

$$PRx(dB) = -35,04$$

**f. Margen de desvanecimiento**

Según el Anexo 1, indica que la radio Kenwood NX-700, trabaja con una sensibilidad de recepción de:  $SRx(-118,1dBm)$

$$M(dB) = PRx(dBm) - SRx(dBm)$$

$$M(dB) = PRx(-35,04dBm) - SRx(-118,1dBm)$$

$$M(dB) = 83,06$$

**14.4.5 Brigada de Fuerzas Especiales – Putzalahua**

- FRECUENCIA TX (152,3150Mhz)

**a. Potencia de transmisión**

Según el Anexo 3, indica que la radio Kenwood NX-200, indica que trabaja con una potencia de salida:  $PTx = 5W$

$$PTx(dBm) = 10 \log_{10} \left( \frac{P(W)}{1W} \right) + 30$$

$$PTx(dBm) = 10 \log_{10} \left( \frac{P(5W)}{1W} \right) + 30$$

$$PTx(dBm) = 36,98$$

**b. Pérdida en el espacio libre**

$$FSL(dB) = 32,4 + 20 \log_{10}(d/Km) + 20 \log_{10}(f/Mhz)$$

$$FSL(dB) = 32,4 + 20 \log_{10}(14,36Km) + 20 \log_{10}(152,3150Mhz)$$

$$FSL(dB) = 99,20$$

**c. Pire**

$$PIRE(dB) = PTx(dBm) - Acable Tx (dB) + GTx(dBi)$$

$$PIRE(dB) = PTx(36,98dBm) - Acable Tx (0dB) + GTx(2,15dBi)$$

$$PIRE(dB) = 39,13$$

**d. Zonas de Fresnel**

Estos son los cálculos para calcular la primera zona de Fresnel

$$F1(m) = 17,32 \sqrt{\frac{D(Km)}{4(f/Ghz)}}$$

$$F1(m) = 17,32 \sqrt{\frac{D(14,36Km)}{4(0,1523150Ghz)}}$$

$$F1(m) = 84,08$$

Donde,

$D$  = Distancia total entre los puntos

$f$  = Frecuencia

La cobertura del 60%:

$$0,6F1(m) = F1(m) * 0.6$$

$$60\%F1(m) = 84.08m * 0.6$$

$$60\%F1(m) = 50,45$$

Primera zona de Fresnel en el punto medio del radioenlace

$$Fr(m) = 8,656 \sqrt{\frac{(d/km)}{4(f/Ghz)}}$$

$$Fr(m) = 8,656 \sqrt{\frac{14,36Km}{4(0,152315Ghz)}}$$

$$Fr(m) = 42.02$$

**e. Potencia recibida**

$$PRx(dBm) = PTx(dBm) - ATx(dB) + GTx(dBi) - FSL(dB) + GRx(dBi) - ARx(dB)$$

$$PRx(dB) = PTx(36,98dBm) - ATx(0,2) + GTx(2,15dBi) - FSL(99,20dB) + GRx(9dBi) \\ - ARx(4,2dB)$$

$$PRx(dB) = -55,47$$

**f. Margen de desvanecimiento**

Sensibilidad de Recepción según Anexo 1, indica que la repetidora Kenwood NRX-710, indica que trabaja:  $SRx(-118,1dBm)$

$$M(dB) = PRx(dBm) - SRx(dBm)$$

$$M(dB) = PRx(-55,47dBm) - SRx(-118,1dBm)$$

$$M(dB) = 62,63$$

**14.4.6 Putzalahua – Brigada de Fuerzas Especiales Patria**

- FRECUENCIA RX (153,3750Mhz)

**a. Potencia de transmisión**

La potencia de transmisión según la repetidora Kenwood NRX-710, descrita en el Anexo 1, indica que opera con una potencia,  $PTx = 50W$

$$PTx(dBm) = 10 \log_{10} \left( \frac{P(W)}{1W} \right) + 30$$

$$PTx(dBm) = 10 \log_{10} \left( \frac{P(50W)}{1W} \right) + 30$$

$$PTx(dBm) = 46,989$$

**b. Pérdida en el espacio libre**

$$FSL(dB) = 32,4 + 20 \log_{10}(d/Km) + 20 \log_{10}(f/Mhz)$$

$$FSL(dB) = 32,4 + 20 \log_{10}(14,36Km) + 20 \log_{10}(153,3750Mhz)$$

$$FSL(dB) = 99,26$$

**c. Pire**

$$PIRE(dB) = PTx(dBm) - Acable Tx (dB) + GTx(dBi)$$

$$PIRE(dB) = PTx(46,989dBm) - Acable Tx (4dB) + GTx(9dBi)$$

$$PIRE(dB) = 52$$

**d. Zonas de Fresnel**

Estos son los cálculos para calcular la primera zona de Fresnel

$$F1(m) = 17,32 \sqrt{\frac{D(Km)}{4(f/Ghz)}}$$

$$F1(m) = 17,32 \sqrt{\frac{D(14,36Km)}{4(0,1533750Ghz)}}$$

$$F1(m) = 84,07$$

Donde,

$D$  = Distancia total entre los puntos

$f$  = Frecuencia

La cobertura del 60%:

$$0,6F1(m) = F1(m) * 0.6$$

$$60\%F1(m) = 84,07m * 0.6$$

$$60\%F1(m) = 50,44$$

Primera zona de Fresnel en el punto medio del radioenlace.

$$Fr(m) = 8,656 \sqrt{\frac{(d/km)}{4(f/Ghz)}}$$

$$Fr(m) = 8,656 \sqrt{\frac{14,36Km}{4(0,153375Ghz)}}$$

$$Fr(m) = 41.87$$

**e. Potencia recibida**

$$PRx(dBm) = PTx(dBm) - ATx(dB) + GTx(dBi) - FSL(dB) + GRx(dBi) - ARx(dB)$$

$$PRx(dB) = PTx(46,989dBm) - ATx(4,2dB) + GTx(9dBi) - FSL(99,26dB) \\ + GRx(2,15dBi) - ARx(0,2dB)$$

$$PRx(dB) = -45,52$$

**f. Margen de desvanecimiento**

Sensibilidad de Recepción de la radio Kenwood NX-200 según Anexo 3, indica que trabaja:  $SRx(-116,9dBm)$

$$M(dB) = PRx(dBm) - SRx(dBm)$$

$$M(dB) = PRx(-45,52dBm) - SRx(-116,9dBm)$$

$$M(dB) = 71,38$$

**14.4.7 Vehicular chasqui – portátil cerro Putzalahua**

Para realizar este cálculo se considerará un sistema vehicular que estará situado en el chasqui y un sistema portátil que estará ubicado en el cerro Putzalahua, hay que tomar en cuenta que en este modo de transmisión de enlace que se va a calcular no utilizare la repetidora, ya que solamente establecerán comunicación con la potencia de transmisión y la ganancia de cada una de las 2 estaciones de radio mencionadas.

- TX (148,0750Mhz)

**a. Potencia de transmisión**

Según el Anexo 2, indica que la radio Kenwood NX-700, indica que trabaja con una potencia de transmisión,  $PTx = 50W$

$$PTx(dBm) = 10 \log_{10} \left( \frac{P(W)}{1W} \right) + 30$$

$$PTx(dBm) = 10 \log_{10} \left( \frac{P(50W)}{1W} \right) + 30$$

$$PTx(dBm) = 46,98$$

**b. Pérdida en el espacio libre**

$$FSL(dB) = 32,4 + 20 \log_{10}(d/Km) + 20 \log_{10}(f/Mhz)$$

$$FSL(dB) = 32,4 + 20 \log_{10}(34,87Km) + 20 \log_{10}(148,0750Mhz)$$

$$FSL(dB) = 106,66$$

**c. Pire**

$$PIRE(dB) = PTx(dBm) - Acable Tx (dB) + GTx(dBi)$$

$$PIRE(dB) = PTx(46,98dBm) - Acable Tx (0,7dB) + GTx(3dBi)$$

$$PIRE(dB) = 49,28$$

**d. Zonas de Fresnel**

Estos son los cálculos para calcular la primera zona de Fresnel

$$F1(m) = 17,32 \sqrt{\frac{D(Km)}{4(f/Ghz)}}$$

$$F1(m) = 17,32 \sqrt{\frac{D(34,87Km)}{4(0,1480750Ghz)}}$$

$$F1(m) = 132,90$$

Donde,

$D$  = Distancia total entre los puntos

$f$  = Frecuencia

La cobertura del 60%:

$$0,6F1(m) = F1(m) * 0.6$$

$$60\%F1(m) = 132,90m * 0.6$$

$$60\%F1(m) = 79,74$$

Primera zona de Fresnel en el punto medio del radioenlace

$$Fr(m) = 8,656 \sqrt{\frac{(d/km)}{4(f/Ghz)}}$$

$$Fr(m) = 8,656 \sqrt{\frac{34,87Km}{4(0,1480750Ghz)}}$$

$$Fr(m) = 66,41$$

**e. Potencia recibida**

$$PRx(dBm) = PTx(dBm) - ATx (dB) + GTx(dBi) - FSL(dB) + GRx(dBi) - ARx(dB)$$

$$PRx(dB) = PTx(46,98dBm) - ATx (0,7) + GTx(3dBi) - FSL(106,66dB) + GRx(2,15dBi) - ARx(0,2dB)$$

$$PRx(dB) = -55,43$$

**f. Margen de desvanecimiento**

Según el Anexo 3, indica que la radio Kenwood NX-200, indica que opera con una Sensibilidad de recepción de  $SRx(-116,9dBm)$

$$M(dB) = PRx(dBm) - SRx(dBm)$$

$$M(dB) = PRx(-55,43dBm) - SRx(-116,9dBm)$$

$$M(dB) = 61,47$$

**14.4.8 Portátil cerro Putzalahua – vehicular Chaqui**

**a. Potencia de transmisión**

Según el Anexo 3, indica que la radio Kenwood NX-200, indica que trabaja con una potencia de transmisión,  $PTx = 5W$

$$PTx(dBm) = 10 \log_{10}\left(\frac{P(W)}{1W}\right) + 30$$

$$PTx(dBm) = 10 \log_{10}\left(\frac{P(5W)}{1W}\right) + 30$$

$$PTx(dBm) = 36,98$$

**b. Pérdida en el espacio libre**

$$FSL(dB) = 32,4 + 20 \log_{10}(d/Km) + 20 \log_{10}(f/Mhz)$$

$$FSL(dB) = 32,4 + 20 \log_{10}(34,87Km) + 20 \log_{10}(148,0750Mhz)$$

$$FSL(dB) = 106,66$$

**c. Pire**

$$PIRE(dB) = PTx(dBm) - Acable Tx (dB) + GTx(dBi)$$

$$PIRE(dB) = PTx(36,98dBm) - Acable Tx (0,2dB) + GTx(2,15dBi)$$

$$PIRE(dB) = 38,93$$

**d. Zonas de Fresnel**

Estos son los cálculos para calcular la primera zona de Fresnel

$$F1(m) = 17,32 \sqrt{\frac{D(Km)}{4(f/Ghz)}}$$

$$F1(m) = 17,32 \sqrt{\frac{D(34,87Km)}{4(0,1480750Ghz)}}$$

$$F1(m) = 132,90$$

Donde,

$D$  = Distancia total entre los puntos

$f$  = Frecuencia

La cobertura del 60%:

$$0,6F1(m) = F1(m) * 0.6$$

$$60\%F1(m) = 132,90m * 0.6$$

$$60\%F1(m) = 79,74$$

Primera zona de Fresnel en el punto medio del radioenlace



$$Fr(m) = 8,656 \sqrt{\frac{(d/km)}{4(f/Ghz)}}$$

$$Fr(m) = 8,656 \sqrt{\frac{34,87Km}{4(0,1480750Ghz)}}$$

$$Fr(m) = 66,41$$

**e. Potencia recibida**

$$PRx(dBm) = PTx(dBm) - ATx (dB) + GTx(dBi) - FSL(dB) + GRx(dBi) - ARx(dB)$$

$$PRx(dB) = PTx(36,98dBm) - ATx (0,2) + GTx(2,15dBi) - FSL(106,66dB) + GRx(3dBi) - ARx(0,7dB)$$

$$PRx(dB) = -65,43$$

**f. Margen de desvanecimiento**

Según el Anexo 2, indica que la radio Kenwood NX-700, indica que opera con una Sensibilidad de recepción de  $SRx(-118,1dBm)$

$$M(dB) = PRx(dBm) - SRx(dBm)$$

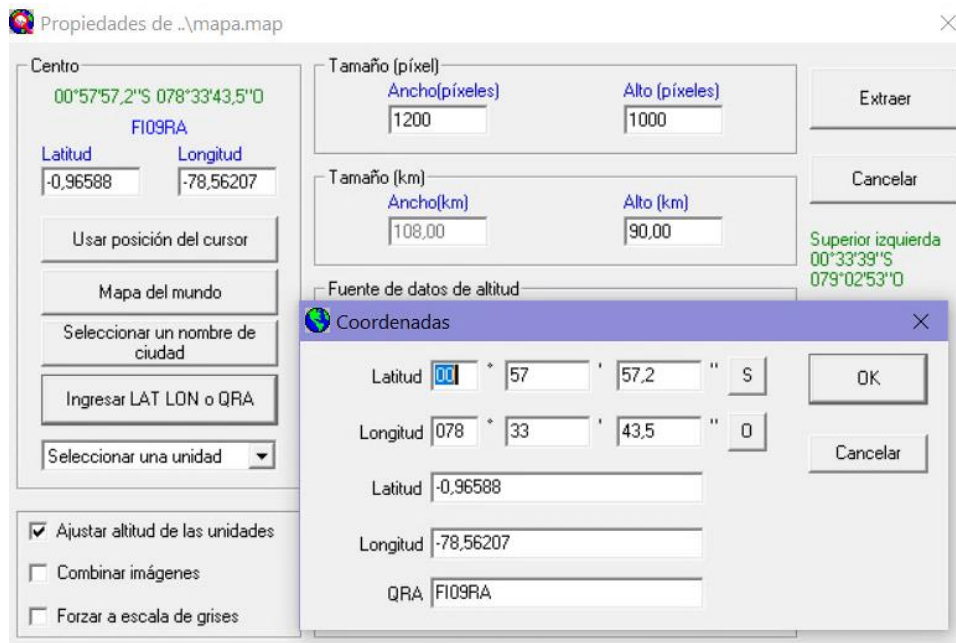
$$M(dB) = PRx(-65,43dBm) - SRx(-116,9dBm)$$

$$M(dB) = 52,67$$

### 14.5 Configuración del radioenlace en radio Mobile

El programa donde se realiza la simulación del radioenlace es radio Mobile, en el cual se ingresan los datos de cada estación, los miembros que participan y los diferentes puntos en los cuales se encontrarán instaladas las radios fijas, vehiculares y portátiles, así de esta manera a través del programa, me proporcione toda la información fundamental y necesaria para el funcionamiento del proyecto.

Una vez que se instaló el programa radio Mobile, se procede a realizar la configuración el mismo, como se detalla en la Figura 46.

**Figura 46***Propiedades del mapa*

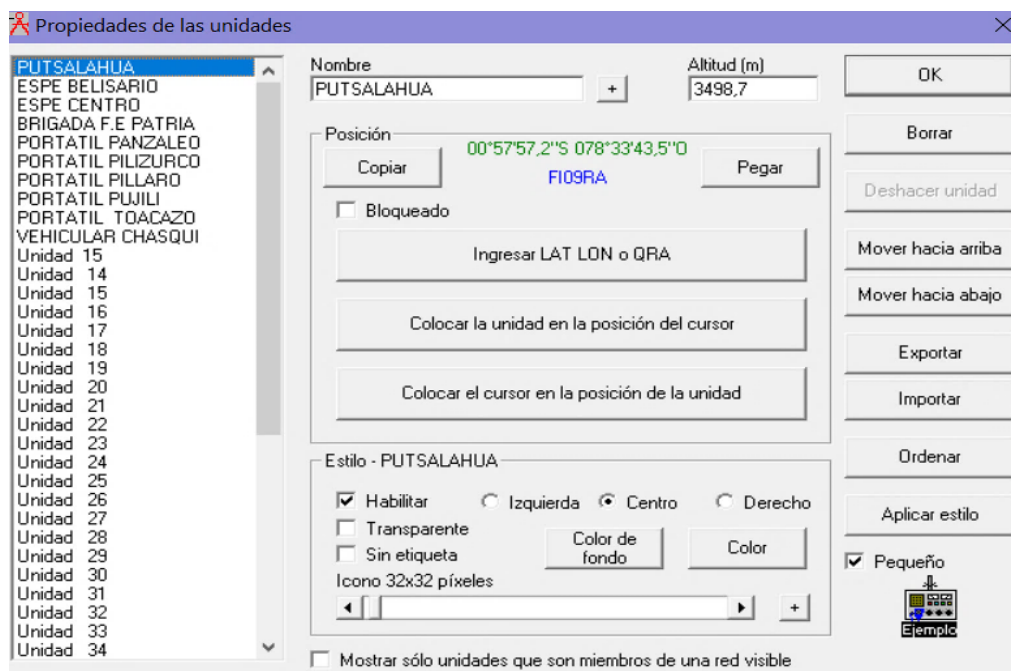
Nota: Está figura indica las propiedades del mapa a configurar.

Primero se abre el programa Radio Mobile en la PC, luego hacer clic en la pestaña Archivo/Propiedades de mapa, selecciono la casilla Ingresar LAT LON o QRA, posteriormente se ingresan las coordenadas ya sea rectangulares o polares del punto centro donde se va a realizar el radioenlace (Latitud  $00^{\circ}57'57,2''$  S y Longitud  $78^{\circ}33'43,5''$  O), en este caso se ha tomado como referencia el cerro Putzalahua, se ha tomado como apoyo la aplicación Google Earth. Luego se debe ingresar el Tamaño de pixeles que se utilizará, en este caso 1200 de ancho por 1000 de alto con una altura del mapa de 90Km a la que se va a visualizar. Es importante seleccionar la casilla Ajustar altitud de las unidades, ya que de lo contrario no se ajustarán las elevaciones para cada unidad, finalmente se da clic en la casilla Extraer y se carga automáticamente el programa con todos los datos previamente ingresados.

Se procede a ingresar todas las unidades que forman parte de la red y que se pueden visualizar en el mapa del programa radio Mobile como muestra la Figura 48.

**Figura 47**

*Propiedades de las unidades*



Nota. Está figura indica el ingreso de las unidades a emplear.

En este caso se procede hacer clic en la pestaña Archivo, Propiedades de la unidad, para ingresar los nombres de las unidades con las que se va a realizar el radioenlace para lo cual se han considerado 10 unidades detalladas en la Figura 47. Luego se ingresan las coordenadas geográficas o rectangulares de cada unidad, una vez cargadas las coordenadas automáticamente nos mostrará la altitud (m) a la que se encuentra cada unidad, para poder identificar cada unidad ingresada se procede a ubicar en la sección Estilo y hacer clic en la casilla (+), luego se escoge el icono con el que se designa a cada unidad, finalmente le daremos clic (ok).

Después, se procede a ingresar los campos necesarios en las Propiedades de redes para configurar los parámetros requeridos de la red Espe, como se detalla en la Figura 49.

**Figura 48**

*Propiedades de las redes*

The screenshot shows a software window titled "Propiedades de las redes" with a list of networks on the left and a configuration panel on the right. The "RED ESPE" network is selected in the list. The configuration panel has several tabs: "Parámetros", "Topología", "Miembros", "Sistemas", and "Estilo". The "Parámetros" tab is active, showing the following settings:

- Nombre de la red: RED ESPE
- Refractividad de la superficie (Unidades-N): 301
- Frecuencia mínima (MHz): 136
- Conductividad del suelo (S/m): 0,005
- Frecuencia máxima (MHz): 174
- Permitividad relativa al suelo: 15
- Polarización:  Vertical,  Horizontal
- Clima:  Ecuatorial,  Continental sub-tropical,  Marítimo sub-tropical,  Desierto,  Continental templado,  Marítimo templado sobre la tierra,  Marítimo templado sobre el mar
- Modo estadístico:  Intento (% de tiempo: 90),  Accidental (% de ubicaciones: 90),  Móvil (% de situaciones: 90),  Difusión (% de situaciones: 90)

Nota: En esta figura muestra la configuración de la red Espe.

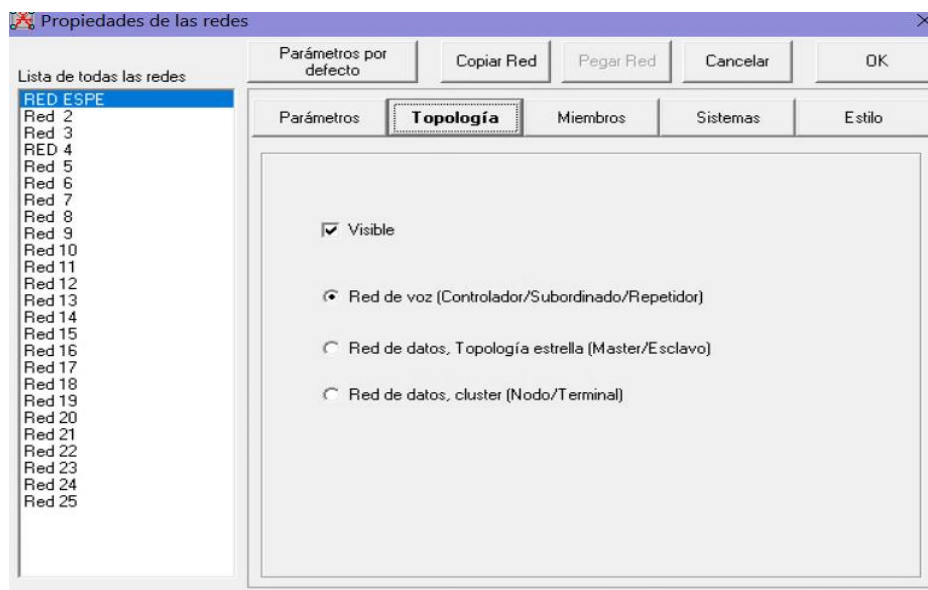
Se procede a ingresar los datos para el funcionamiento de la red que se va a configurar, para lo cual se hace clic en la pestaña Archivo/Propiedades de las redes/Parámetros. La red se llamará RED ESPE, se procede a ingresar la Frecuencia mínima y la máxima con la que trabajará la red: 136MHz – 174MHz , se escoge la polarización de antena vertical que es utilizado normalmente en la banda de frecuencias VHF y UHF ya que en este tipo de polarización las ondas de radio tienen menor atenuación, se escoge el modo estadístico de difusión, ya que nos permite definir los requerimientos necesarios de cobertura aproximadamente evaluados en un 90% del

tiempo en un 80% de los lugares en los que se encuentran ubicadas cada una de las unidades, y las diferentes situaciones que se puedan presentar, el tipo de clima seleccionado será continental templado ya que este tipo de clima es común a la mayor parte de superficies.

Seguidamente se selecciona el tipo de topología que voy a utilizar en la red y según las necesidades del proyecto que se desea realizar como se indica en la Figura 50.

### Figura 49

#### *Topología de la Red*



Nota: Está figura indica la topología de la red Espe.

Una vez ubicado en la pestaña Topología, se indica que se desea trabajar en una Red de voz (Controlador/ Subordinado/ Repetidor), ya que es lo que se ajusta al tipo de transmisión que voy a utilizar, hay que tomar en cuenta que esté seleccionado la casilla visible ya que de no ser así no se mostrará la red con este tipo de topología en el mapa de trabajo.

Ahora se realiza la asignación de todos los sistemas que se utilicen, por cada uno de los miembros de la RED ESPE como se indica a continuación:

**Figura 50**

*Sistema Repetidor*

The screenshot shows the 'Propiedades de las redes' dialog box with the 'SISTEMA REPETIDOR' selected in the list on the left. The main panel displays the following parameters:

Parámetros	Topología	Miembros	Sistemas	Estilo
Nombre del sistema			SISTEMA REPETIDOR	
Potencia del Transmisor (Watt)			50 (dBm) 47	
Umbral del receptor ( $\mu$ V)			0,28 (dBm) -118,1	
Pérdida de la línea (dB)			4 (Cable+cavidades+conectores)	
Tipo de antena			omni.ant Ver	
Ganancia de antena (dBi)			9 (dBd) 6,85	
Altura de antena (m)			8 (Sobre el suelo)	
Pérdida adicional cable (dB/m)			0,2 (Si la altura de la antena difiere)	

Nota: Esta figura indica los parámetros del sistema Repetidor.

**Figura 51**

*Sistema Portátil*

The screenshot shows the 'Propiedades de las redes' dialog box with the 'SISTEMA PORTATIL' selected in the list on the left. The main panel displays the following parameters:

Parámetros	Topología	Miembros	Sistemas	Estilo
Nombre del sistema			SISTEMA PORTATIL	
Potencia del Transmisor (Watt)			5 (dBm) 37	
Umbral del receptor ( $\mu$ V)			0,32 (dBm) -116,9	
Pérdida de la línea (dB)			0 (Cable+cavidades+conectores)	
Tipo de antena			omni.ant Ver	
Ganancia de antena (dBi)			2,15 (dBd) 0	
Altura de antena (m)			2 (Sobre el suelo)	
Pérdida adicional cable (dB/m)			0,2 (Si la altura de la antena difiere)	

Nota: Esta figura indica los parámetros del sistema Portátil.

Figura 52

## Sistema Fija

The screenshot shows the 'Propiedades de las redes' dialog box with the 'SISTEMA FIJA' system selected. The 'Sistemas' tab is active, displaying the following parameters:

Parámetros	Topología	Miembros	Sistemas	Estilo
Nombre del sistema			SISTEMA FIJA	
Potencia del Transmisor (Watt)			50 (dBm)	47
Umbral del receptor ( $\mu$ V)			0,28 (dBm)	-118,1
Pérdida de la línea (dB)			3,25 (Cable+cavidades+conectores)	
Tipo de antena			dipole.ant	Ver
Ganancia de antena (dBi)			9 (dBd)	6,85
Altura de antena (m)			5 (Sobre el suelo)	
Pérdida adicional cable (dB/m)			0,2 (Si la altura de la antena difiere)	

Buttons at the bottom: 'Agregar a Radiosys.dat' and 'Remover del Radiosys.dat'.

Nota: Está figura indica los parámetros del sistema Fija.

Figura 53

## Sistema Vehicular

The screenshot shows the 'Propiedades de las redes' dialog box with the 'SISTEMA VEHICULAR' system selected. The 'Sistemas' tab is active, displaying the following parameters:

Parámetros	Topología	Miembros	Sistemas	Estilo
Nombre del sistema			SISTEMA VEHICULAR	
Potencia del Transmisor (Watt)			50 (dBm)	47
Umbral del receptor ( $\mu$ V)			0,28 (dBm)	-118,1
Pérdida de la línea (dB)			0,5 (Cable+cavidades+conectores)	
Tipo de antena			omni.ant	Ver
Ganancia de antena (dBi)			3 (dBd)	0,85
Altura de antena (m)			2 (Sobre el suelo)	
Pérdida adicional cable (dB/m)			0,2 (Si la altura de la antena difiere)	

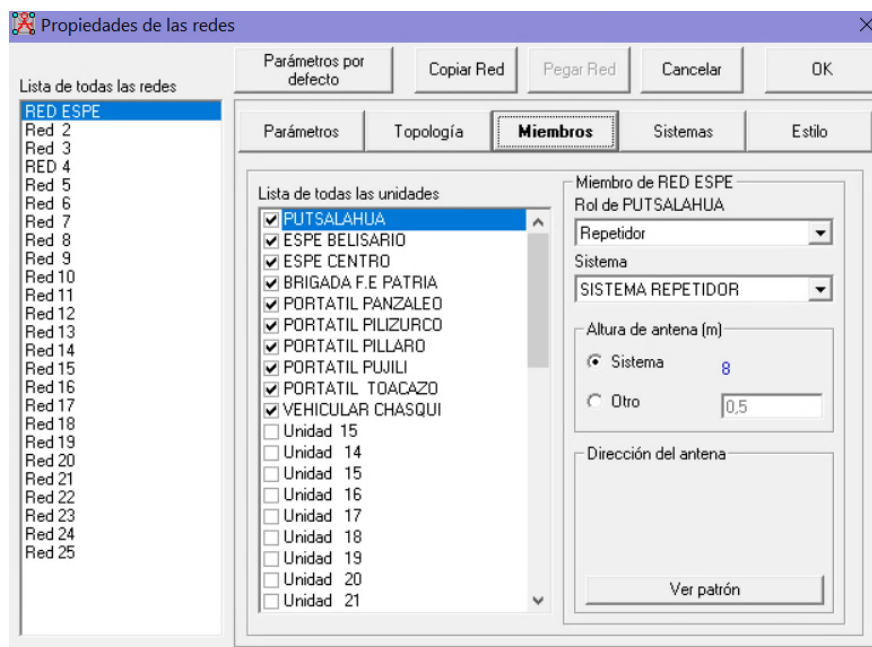
Buttons at the bottom: 'Agregar a Radiosys.dat' and 'Remover del Radiosys.dat'.

Nota: Está figura indica los parámetros del sistema Vehicular.

En la pestaña Sistemas se establecen los parámetros a considerar para cada uno de los sistemas establecidos anteriormente como indican las Figuras 51, 52, 53 y 54, se ingresará un sistema diferente para cada configuración transceptor radio – antena, para este proyecto se trabajará con cuatro sistemas diferentes: Sistema Repetidor, Sistema Portátil, Sistema Fija, Sistema Vehicular, se procede a ingresar los datos: Nombre del sistema, con el cual se identifica a cada uno de los sistemas configurados, Potencia de Transmisor, Umbral de receptor y Ganancia de la antena, se ingresará la información otorgada por el datasheet de la radio o repetidor a configurar. Para la pérdida de la línea se debe considerar las pérdidas que se tienen en la línea de transmisión, sumando las del cable coaxial, la de los conectores y las de las cavidades si fuera el caso que se las utilice. Los tipos de antena que se utiliza para establecer conexión con la repetidora y las diferentes estaciones de radio, son las antenas de cuatro dipolos y las antenas omnidireccionales de las radios móviles y fijas, las mismas que trabajan en la banda de frecuencias VHF. Se establece la altura (m) a la que cada antena va a estar instalada sobre el suelo y finalmente se ingresa la pérdida adicional del cable por la atenuación que transcurre desde la base de la torre de la antena hasta el conector de la misma.

Posteriormente se selecciona la pestaña Miembros para ingresar las unidades que se va a utilizar para el enlace de la red, el tipo de sistema a utilizar y el rol a cumplir cada una de las estaciones de radio y repetidor, como se detalla a continuación:



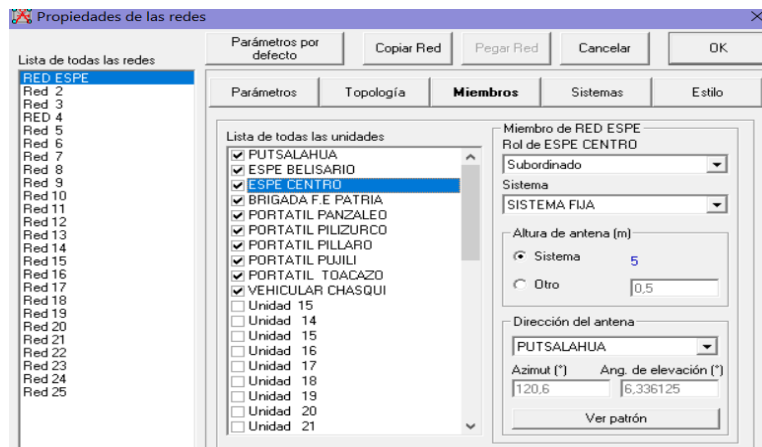
**Figura 54***Red Putzalhua - Espe Centro*

Nota: Está figura indica el rol del cerro Putzalhua.

En la Figura 55. Se puede observar que el cerro Putzalhua va a cumplir el rol como Repetidor y que se encuentra enlazado con el Sistema Repetidor, el mismo que utilizará un Repetidor Kenwood NXR-710, que se encontrará configurado con una altura de la antena sobre el suelo de 8 metros, como indica la Figura 51. También, se puede observar que la antena será instalada en el cerro Putzalhua y que no será direccionada a ninguna estación ya que será instalada para que cubra los 360°, es decir, será un dipolo que irradiará señal como una antena omnidireccional.

**Figura 55**

*Red Espe Centro Putzalahua*

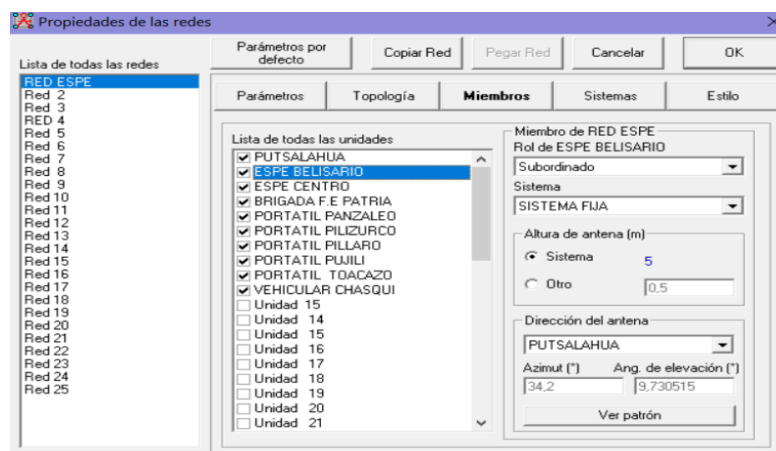


Nota: Está figura indica el rol de la Espe Centro.

De igual manera en la Figura 56 se visualiza que la Espe Centro va a estar subordinada a la Repetidora, que utilizará un Sistema Fija, la antena sobre el piso estará a una altura de 5 metros y que la antena será direccionada hacia el cerro Putzalahua con un azimut de 120, 6° y un ángulo de elevación de 6, 33°. Asi de esta manera se establecerá el enlace entre estos dos puntos.

**Figura 56**

*Red Espe Belisario - Putzalahua*



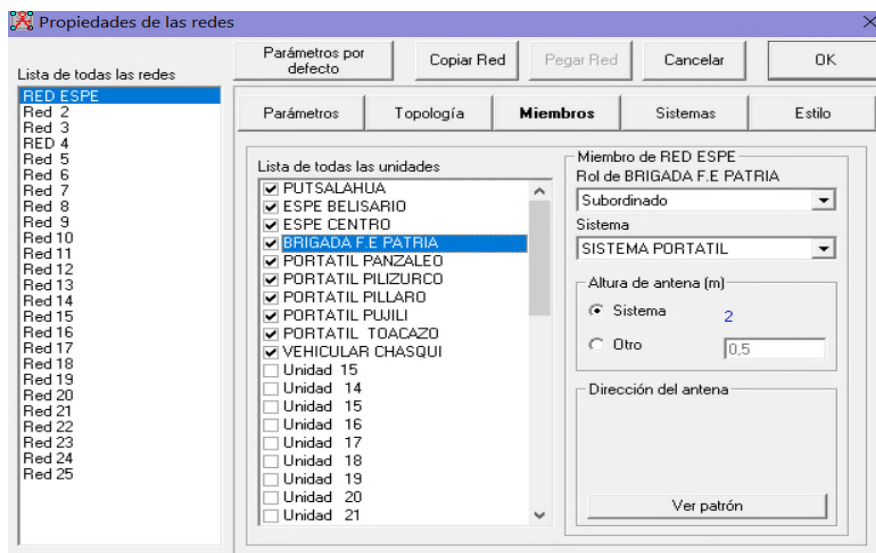
Nota: Está figura indica el rol de la Espe Belisario.

En la Figura 57. El Rol que va a cumplir la Espe Belisario será como Subordinado ya que esta unidad y los demás restantes serán enlazadas directamente a la Repetidora para poder establecer comunicación. Trabaja mediante el Sistema Fija, el mismo que utilizará una radio Kenwood NX 700 previamente ya configurado como indica la Figura 53.

La antena se ubicará a una altura de 5 metros sobre el suelo y será direccionada al cerro Putzalahua para poder establecer comunicación con un Azimut de 34, 2° con un ángulo de elevación de 9, 73°.

**Figura 57**

*Red Brigada de F.E. Patria - Putzalahua*



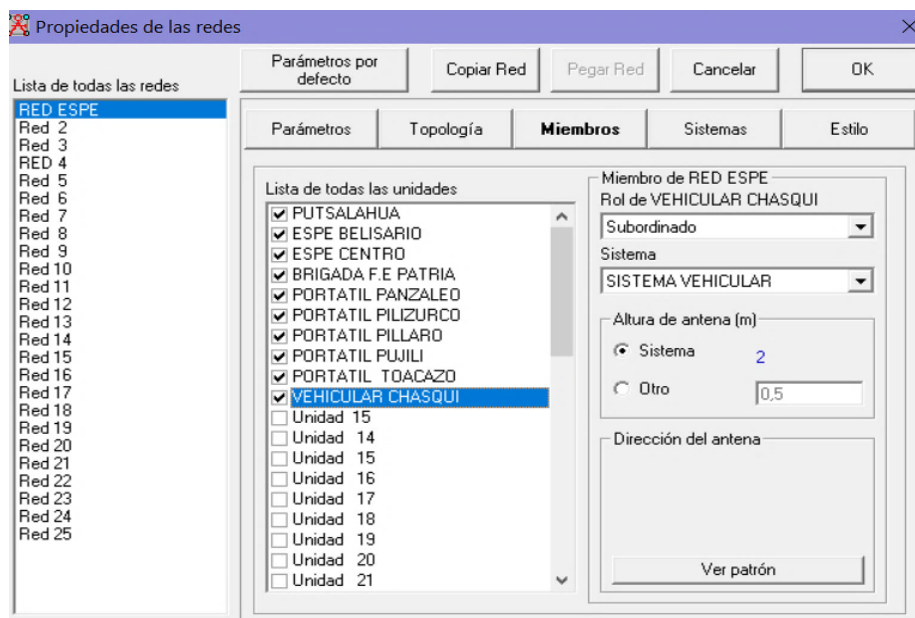
Nota: Esta figura indica el rol de la Brigada de la Fuerzas Especiales N.º 9 Patria.

La Brigada de Fuerzas Especiales cumplirá el rol como Subordinado ya que igualmente que la Espe Centro, Espe Belisario Quevedo y demás unidades establecerán comunicación con el cerro Putzalahua y así con las demás unidades existentes. El Sistema Portátil que se utilizará será una radio Kenwood NX 200, el mismo que se encontrará con una altura de la antena sobre el suelo de 2 metros. En

este caso la antena no será direccionada al cerro Putzalahua ya que este sistema utilizará una antena omnidireccional. Hay que tener en cuenta que la antena que se encontrará instalada en el cerro Putzalahua es una antena de 4 dipolos, pero se la orienta o se la configura para que irradia en todos los 360°, es decir, emitirá señal para todas direcciones.

**Figura 58**

*Red Vehicular Chasqui - Putzalahua*



Nota: Esta figura indica el rol del sistema Vehicular en el Chasqui.

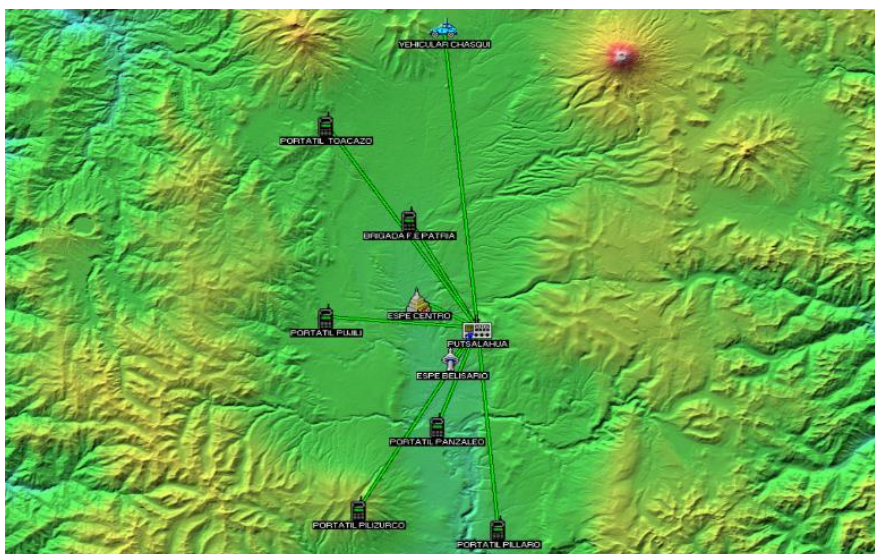
La estación vehicular que se ha tomado en cuenta para el radioenlace estará ubicada en el Chasqui de igual manera su rol será como subordinado, utilizará el sistema vehicular con una radio Kenwood NX 700 ya configurado previamente como indica la Figura 53. La antena estará ubicada a una altura de 2 metros ya que estará instalada en un vehículo previamente designado para su funcionamiento. La antena no será direccionada hacia el cerro Putzalahua por ser una antena omnidireccional.

Finalmente, una vez configurado todos los parámetros necesarios para el funcionamiento del radioenlace en las propiedades de la Red Espe, se procede a dar clic en ok para poder visualizar gráficamente la conexión entre las diferentes estaciones de radio y la repetidora.

#### 14.6 Visualización geográfica de repetidora y las estaciones de radio

**Figura 59**

*Repetidora y las Estaciones de Radio*



Nota: En la figura se observa la conexión entre las estaciones de radio y la repetidora.

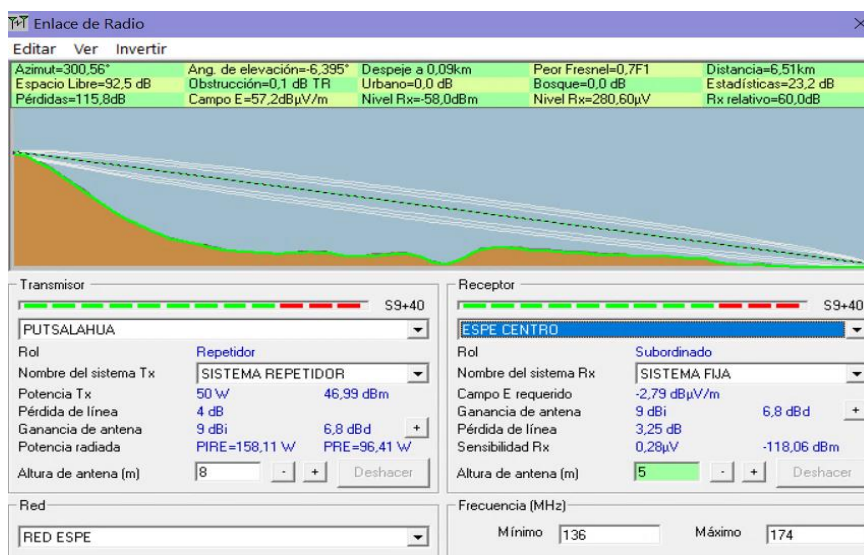
Como se puede observar en la Figura 60. Se encuentran ubicadas geográficamente en el mapa de Latacunga todas las estaciones de radio que voy a utilizar para este proyecto, así como también se puede observar la ubicación en la que se encuentra la Repetidora en el cerro Putzalahua. También se puede visualizar que entre todas las estaciones de radio tienen conexión con el cerro Putzalahua, lo que es un factor positivo ya que para la implementación del radioenlace entre la repetidora y las estaciones de radio existentes no habrá ningún problema de conexión para su funcionamiento.

## 14.7 Resultados proporcionados por radio Mobile

Para verificar los resultados proporcionados por el software Radio Mobile entre la repetidora y las estaciones de radio, se ubicará en la pestaña Herramientas/Enlaces de radio y se seleccionará el enlace que se requiera verificar, se debe tomar en cuenta que solo se puede verificar el enlace entre 2 puntos. Como se puede visualizar a continuación.

**Figura 60**

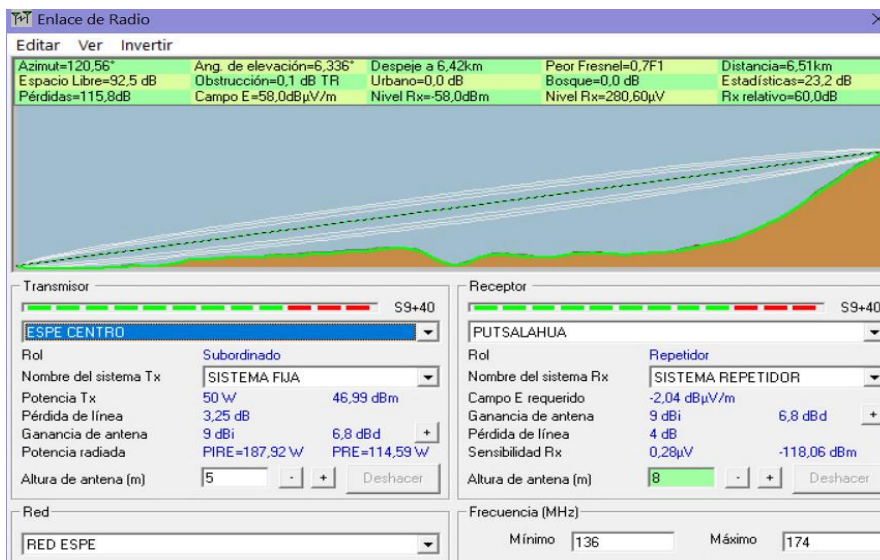
*Enlace de Radio Putzalahua - Espe Centro*



Nota: En esta figura se puede visualizar el enlace radio entre Putzalahua y Espe Centro.

Figura 61

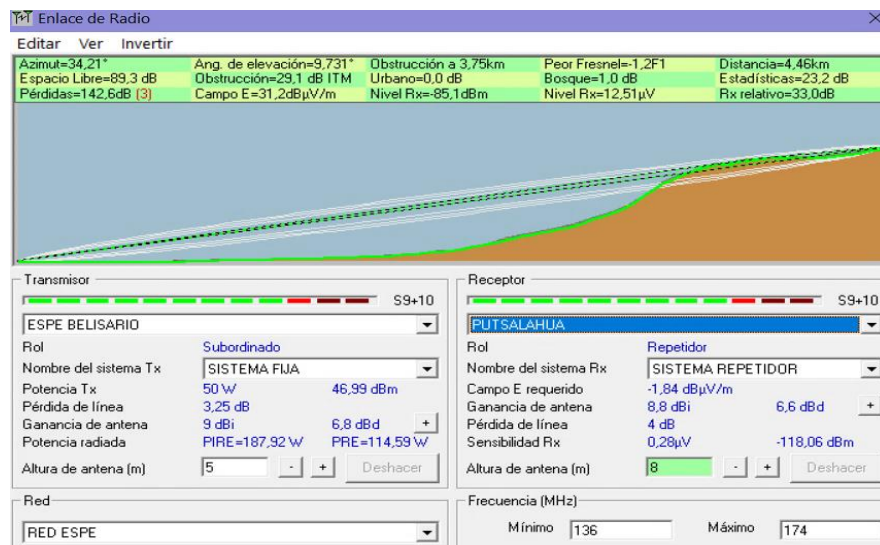
## Enlace de radio Espe Centro - Putzalahua



Nota: En esta figura se puede visualizar el enlace radio entre Espe Centro y Putzalahua.

Figura 62

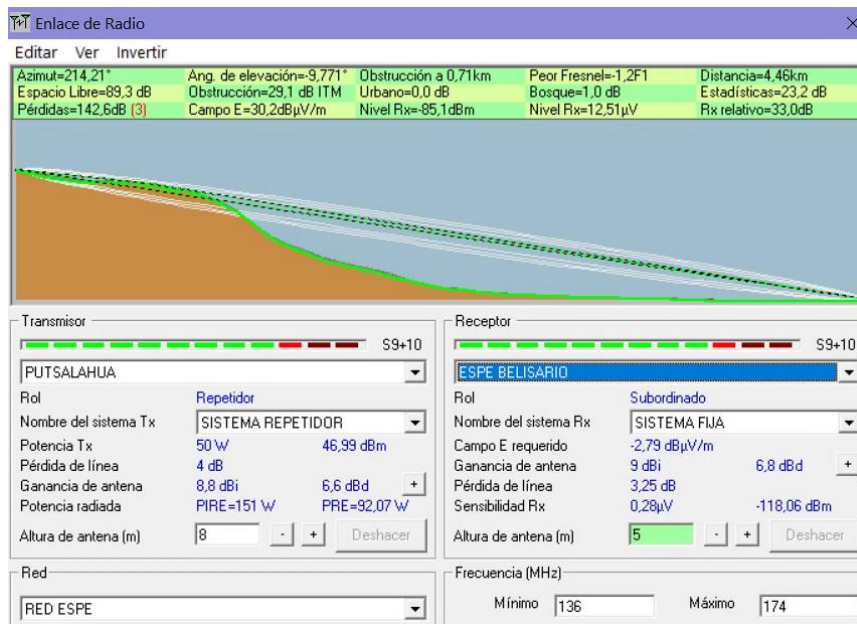
## Enlace de Radio Espe Belisario - Putzalahua



Nota: En esta figura se puede visualizar el enlace radio entre Espe Belisario y Putzalahua.

**Figura 63**

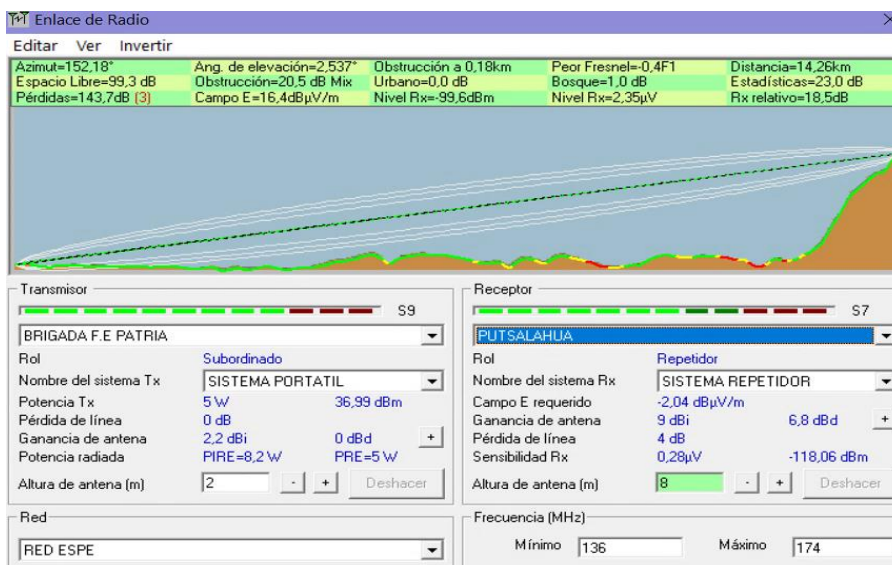
*Enlace de Radio Putzalagua - Espe Belisario*



Nota: En esta figura se puede visualizar el enlace radio entre Putzalagua y Espe Belisario.

**Figura 64**

*Enlace de radio Brigada F.E Patria - Putzalagua*

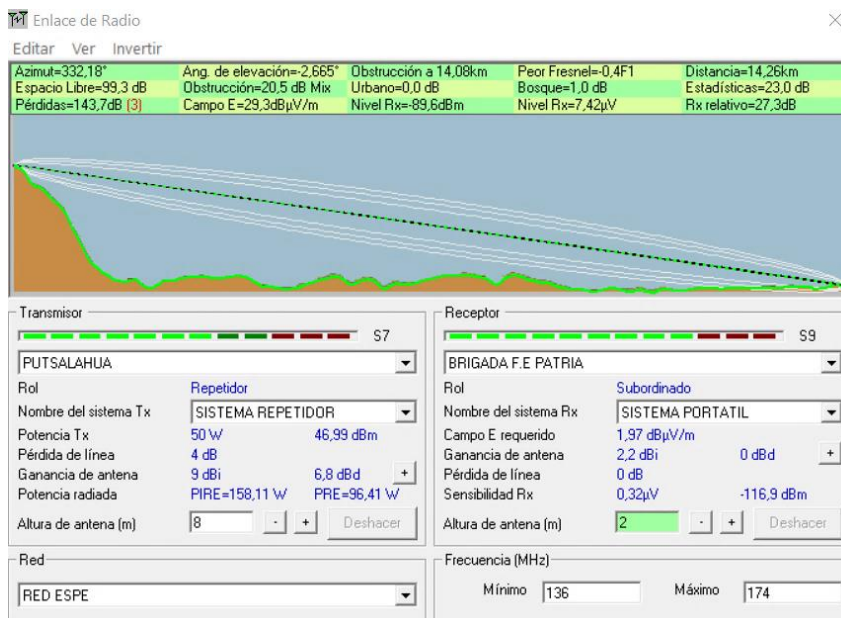


Nota: En esta figura se visualiza el enlace radio entre la Brigada F.E. Patria y Putzalagua.



**Figura 65**

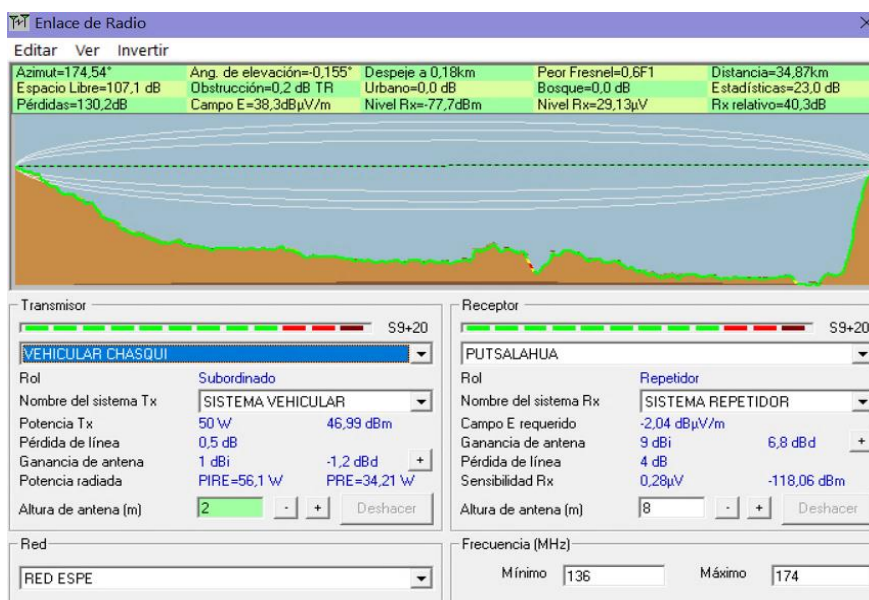
*Enlace de radio Putzalahua - Brigada de F.E. Patria*



Nota: En esta figura se visualiza el enlace radio Putzalahua y la Brigada de F.E Patria.

**Figura 66**

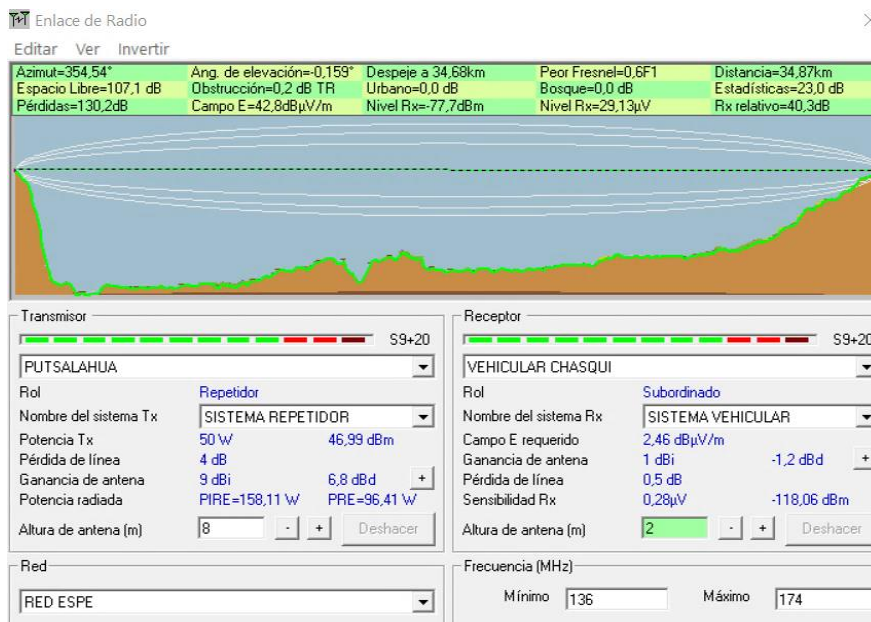
*Enlace de radio Vehicular Chasqui - Putzalahua*



Nota: En esta figura se visualiza el enlace radio entre Vehicular Chasqui y Putzalahua.

Figura 67

## Enlace de radio Putzalahua - Vehicular Chasqui



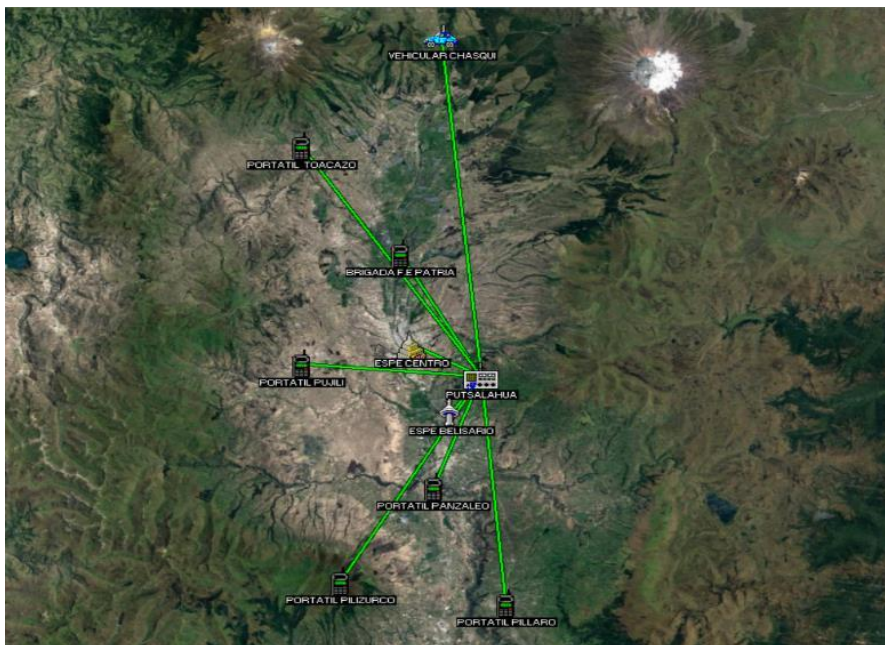
Nota: En esta figura se visualiza el enlace radio entre Putzalahua y Vehicular Chaqui.

Si se desea conocer o verificar los datos que me proporciona el software radio Mobile entre dos estaciones de radio, estación radio y repetidora, nos ubicamos en Herramientas / Enlaces de radio y se selecciona las estaciones que se desea verificar el enlace de radio existente.

Una vez que ya se verificó y se visualizó los datos obtenidos por el software radio Mobile se procede a observar con una vista geográfica real de las estaciones de radio, repetidor, como se observa en la Figura 69.

## Figura 68

*Visualización aérea real del radioenlace*

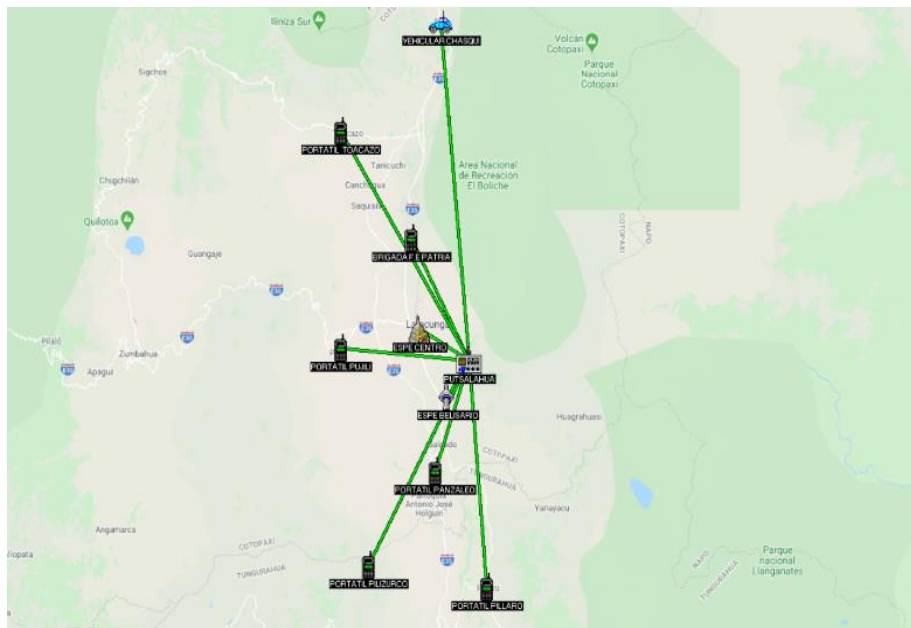


Nota: En esta figura se observa el enlace de la red Espe entre las estaciones de radio y la repetidora.

A continuación, se observa una foto de los caminos y rutas existentes entre las estaciones de radio, repetidora y alrededores para poder verificar de una manera más clara y sencilla de los puntos exactos donde se encuentran ubicados cada unidad, como se observa en la Figura 70.

## Figura 69

Combinar imágenes sobre caminos



Nota: En esta figura se encuentran las estaciones de radio, repetidoras, caminos y rutas existentes.

Para visualizar los parámetros de cobertura se ubicará en Herramientas / Cobertura de radio, se elegirá diferentes tipos de cobertura que se desea verificar. Entre los cuales se elegirá polar simple, el mismo que servirá para poder calcular la cobertura radioeléctrica con un sistema de coordenadas polares coloreando el área en que la señal superará un umbral determinado.

**Figura 70***Cobertura de radio polar*

Nota: Esta figura indica la Cobertura de señal radioeléctrica desde Putsalahua y Vehicular Chasqui.

Para la visualización de la Cobertura de radio radioeléctrico, la unidad central será el cerro Putzalahua y la unidad móvil será vehicular Chasqui que es la distancia de cobertura que se calculará de la red Espe. En la dirección de enlace se seleccionará el peor de los casos, ya que en realidad lo que interesa saber es el área de cobertura en el peor de los casos, se calculará la distancia entre 0,01Km hasta un máximo de 90Km, el rango de azimut estará comprendido entre 0 y 360° en intervalos de 1°. En el patrón de antena se seleccionará usar la configuración de la antena de la red Espe.

El tipo de umbral que se seleccionará en la recepción para la representación de los resultados será dBm, ya que representará un color distinto para cada nivel de señal entre los rangos definidos. Lo colores variarán desde azul cuando no exista cobertura

hasta rojo donde se encuentre la mayor cantidad de cobertura posible para lo cual se deberá tomar en cuenta el código S, como indica la Tabla 10.

**Tabla 10**

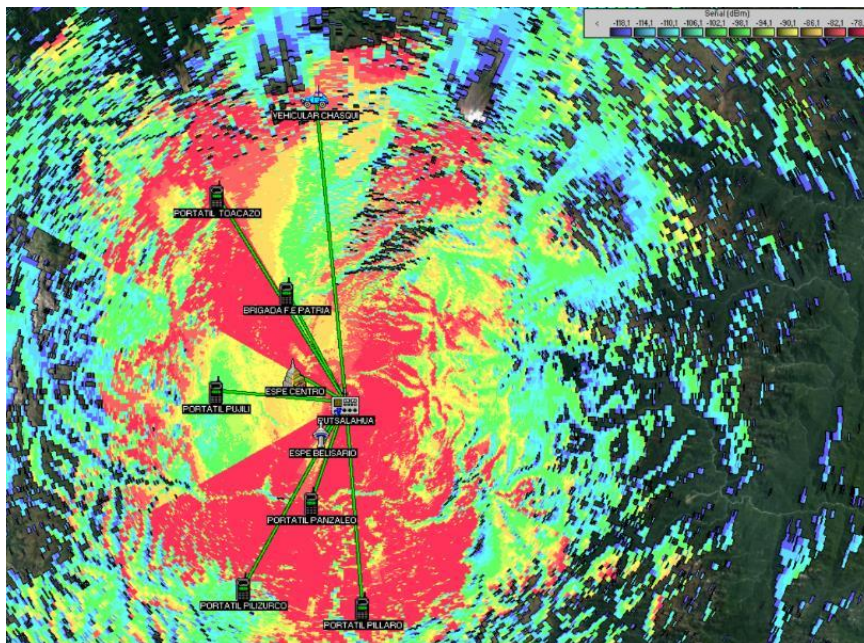
*Niveles de señal de cobertura*

Referencia del Código S	Margen de fading (M) respecto al umbral de sensibilidad el receptor
S0	$M \leq -1,5$ dB
S1	$-1,5 \text{ dB} < M \leq 1,5$ dB
S2	$1,5 < M \leq 4,5$
S3	$4,5 < M \leq 7,5$
S4	$7,5 < M \leq 10,5$
S5	$10,5 < M \leq 13,5$
S6	$13,5 < M \leq 16,5$
S7	$16,5 < M \leq 19,5$
S8	$19,5 < M \leq 22,5$
S9	$22,5 < M \leq 27$
S9 + 10	$27 < M \leq 39$
S9 + 20	$39 < M \leq 49$
S9 + 30	$49 < M \leq 59$

Nota: Está tabla indica los niveles de señal de cobertura radioeléctrica de una red. Tomado de *ipellejero*, por I. P. Ibáñez, 2009, [http://ipellejero.es/radiomobile/RM\\_08.php](http://ipellejero.es/radiomobile/RM_08.php).

**Figura 71**

*Cobertura geográfica radioeléctrica*

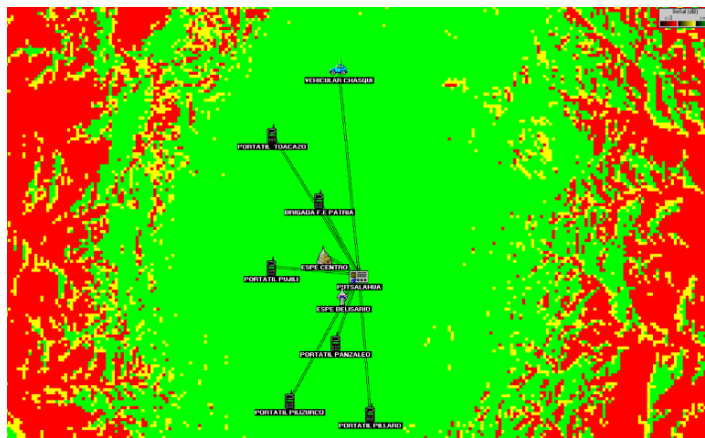


Nota: En la figura se observa toda el área de cobertura desde el cerro Putzalahuia – Vehicular Chasqui.

En la Figura 72. Se puede observar que las zonas que se encuentran coloreadas con color rojo, es donde se encuentran con mayor cobertura radioeléctrica, que en su mayoría las estaciones de radio la tienen, a excepción de la Espe Centro y la Portátil Pujilí, que no se encuentran coloreadas con color rojo, pero, tampoco se encuentran coloreadas con color azul que es donde ya no hay ningún tipo de cobertura, por tanto, en estas estaciones consideradas se podrá establecer comunicación, la única diferencia que será con un menor nivel de señal.

### Figura 72

*Visualización geográfica cartesiano combinado*

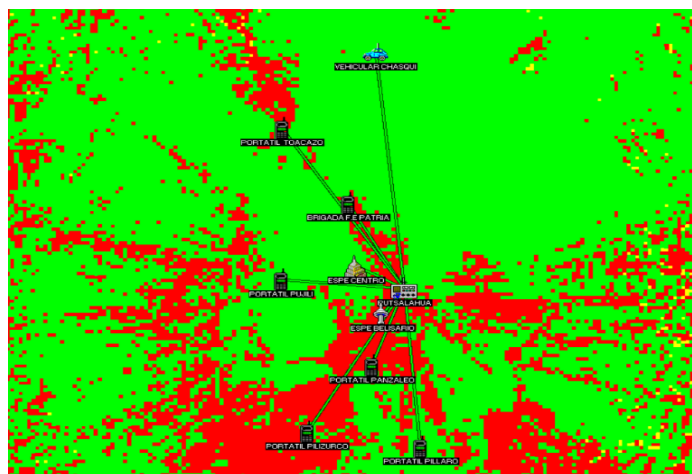


Nota: En esta figura muestra el nivel de señal cartesiano combinado del radioenlace.

A continuación, se procede a ubicar en la pestaña Herramientas/ Cobertura de radio / Cartesiano combinado, donde se obtendrá una visualización geográfica, donde se aíslan algunas zonas y se comprueba que el nivel de señal es muy bueno entre las estaciones de radio, por tanto, el radioenlace entre la repetidora y las unidades de radio es viable como se puede observar en la Figura 73.

### Figura 73

*Cobertura de red por interferencia*



Nota: En esta figura se observa el nivel de interferencias de la red Espe.



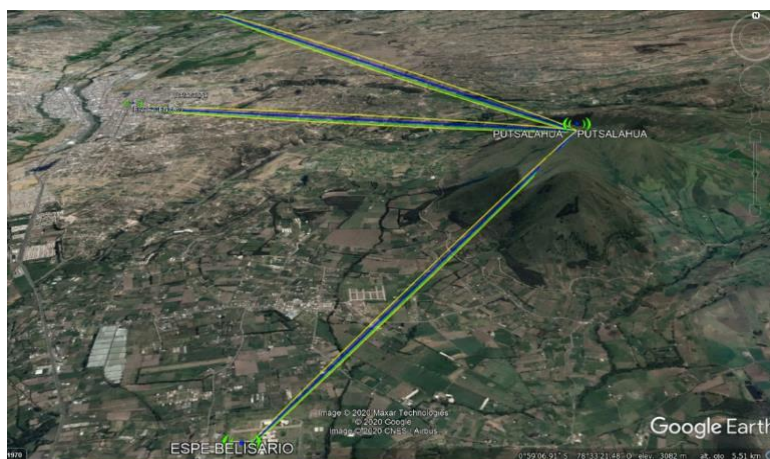
Adicional, También se ubicará en la casilla Herramientas / Cobertura de radio / Interferencias, que es una opción donde aísla zonas con el fin de comprobar una posible interferencia de terceros sistemas y de esta manera poder visualizar la razón Señal / Interferencia con el color verde el nivel es suficiente y con el color rojo nos indica que el nivel de Señal / interferencia es insuficiente, se puede observar que aunque no tenemos un enlace sin interferencias el nivel es aceptable para el funcionamiento del radioenlace de la red Espe.

Además de realizar la simulación del radioenlace también permite generar un archivo donde detallará de una manera especificada los parámetros con los que se realizó el radioenlace como se podrá evidenciar en Anexos 4.

Si se desea exportar el enlace de radio a Google Earth, se ubicará en Herramientas / Enlaces de radio/ Editar / Exportar a Google Earth y se exportarán los enlaces de radio que estén enlazados a la repetidora Putzalahua, así como se puede observar en la Figura 75.

### **Figura 74**

#### *Radioenlace con vista en Google Earth*



Nota: En esta Figura se puede visualizar la cobertura de las estaciones con la repetidora y las zonas de Fresnel.

En la Figura 75, se puede observar en Google Earth, la fiabilidad existente del radioenlace entre las tres estaciones de radio, que fue el principal fin con el que ha sido desarrollado este proyecto, mediante el cual se puede evidenciar que la Espe Belisario, Espe Centro y la Brigada de Fuerzas Especiales N.º 9 “Patria” se encuentran enlazados o interconectados con la repetidora que se encuentra en el cerro Putzalahua, Google Earth permite obtener una información más detallada de los parámetros con que ha sido desarrollado este proyecto en radio Mobile, para lo cual se hace clic en el enlace de radio que se desea conocer y el software proporcionará toda la información solicitada.

#### 14.8 Instalación de drivers y configuración

##### Figura 75

*Cables para conexión pc – repetidora NXR - 710*



CONECTOR USB SERIAL

CONECTOR RS 232 TO RADIO

CONECTOR VGA - ETHERNET

Nota: En esta Figura se puede observar los cables y conectores que se utilizaron para la comunicación entre pc – repetidora – Kenwood NXR – 710.

Antes de iniciar con la configuración y programación de la radio Kenwood NXR – 710 se debe realizar una conexión entre cables y conectores para poder establecer comunicación, el tipo de cable y conectores que se utiliza son los que se pueden observar en la Figura 76.

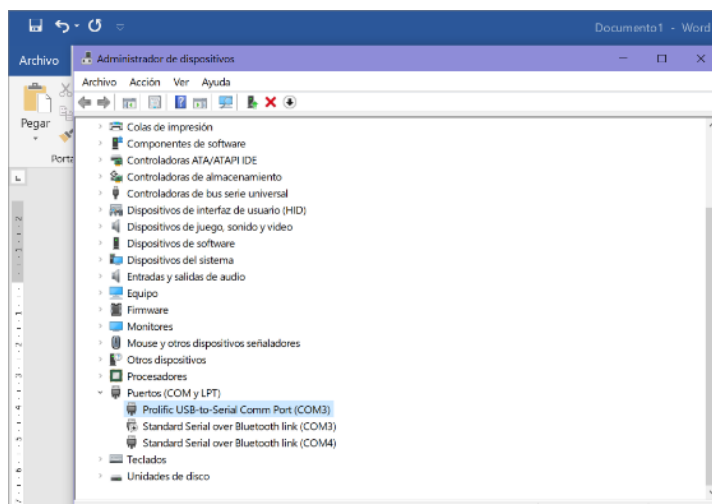
Para cargar los datos ingresados a la repetidora primeramente se debe tener en cuenta los siguientes parámetros que se indican a continuación.

Se debe instalar el driver PL 2303\_Prolific, el cual sirve para establecer comunicación entre la PC o Laptop con dispositivos con conector RS232.

Una vez instalado el driver se procede a conectar con la laptop y verificar que reconozca este tipo de dispositivo y que se encuentre instalado como se indica en la Figura 77.

### Figura 76

#### *Administrador de dispositivos*



Nota: En esta figura se observa que el sistema reconoce el cable serial – usb.

Una vez que Windows reconoce el cable USB-serial, en este caso puerto COM3 se procede a realizar la configuración y selección en la repetidora NXR – 710 con el mismo puerto COM3, como se puede visualizar en la Figura 78.

## 14.9 Configuración de repetidora, estaciones móviles y portátiles

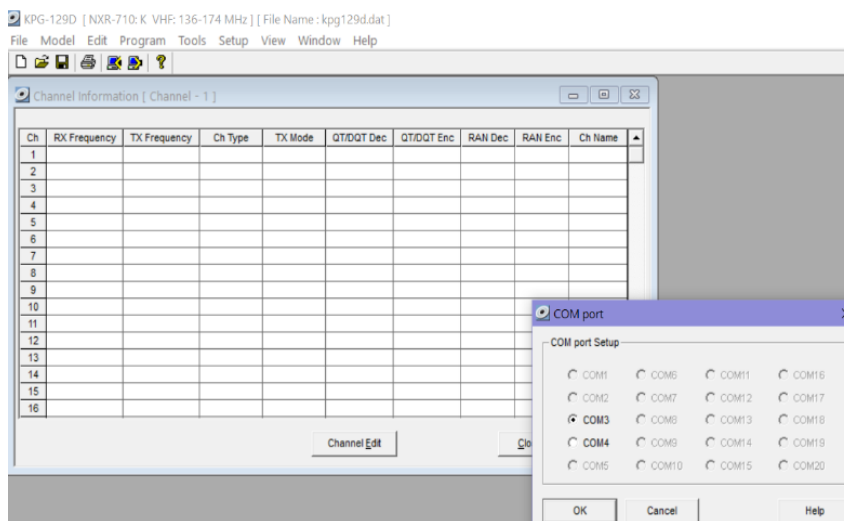
### 14.9.1 Repetidora NXR – 710

El software con el cual fue configurado y programada la repetidora Kenwood NXR – 710 se llama KPG – 129DK, en la cual se ingresará todos los parámetros

necesarios para su posterior funcionamiento, para lo cual lo primero que se realiza es la configuración de la repetidora como se indica en la Figura 80.

### Figura 77

#### *Reconocimiento de puertos de comunicación*



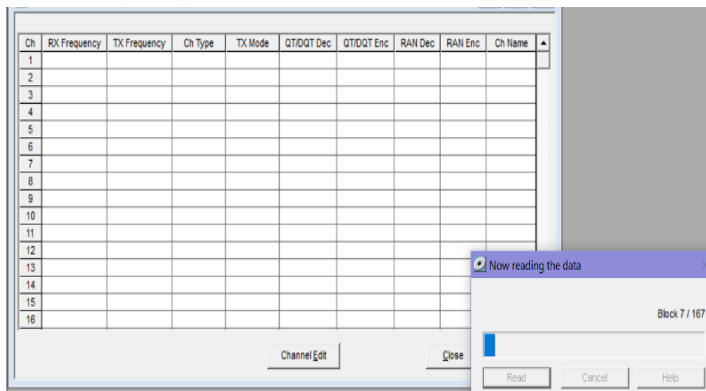
Nota: En esta figura se observa el reconocimiento del puerto COM3.

Una vez que se ingresa al programa se procede a verificar y seleccionar el puerto COM que fue reconocido por el Administrador de dispositivos, como muestra la Figura 75, para lo cual nos ubicamos en Configuración / Puerto COM, de esta manera ya quedará establecida la conexión entre la laptop – repetidora NXR – 710.

Después, hacer clic en la pestaña Programa / Leer Datos desde el Repetidor y el sistema automáticamente comenzará a leer los datos guardados o configurados en la Repetidora, así como indica la Figura 79.

## Figura 78

*Leer datos cargados de la Repetidora NXR - 710*

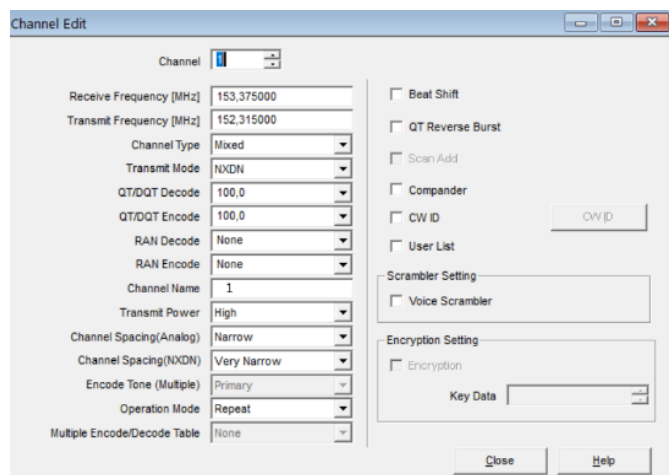


Nota: En esta figura se puede visualizar que se están cargando los datos almacenados de la repetidora NXR – 710.

Una vez que el software lee todos los datos almacenados en la repetidora, se procede a realizar la configuración del canal con los parámetros necesarios para su funcionamiento con las estaciones portátiles y móviles que forman parte del radioenlace radioeléctrico.

## Figura 79

*Configuración del canal a programar*



Nota: En esta figura indica los parámetros necesarios para la configuración de la radio Kenwood NXR – 710.

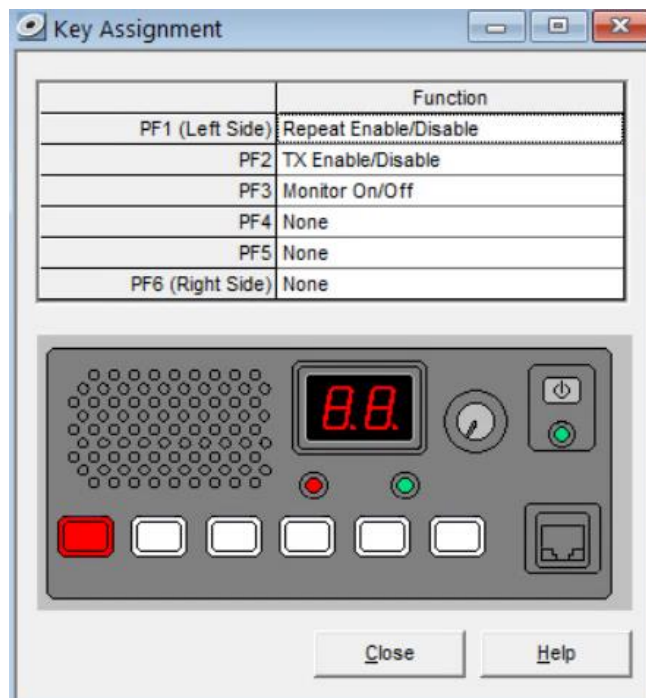
Para realizar la configuración de la repetidora Kenwood NXR – 710, seleccionar la pestaña Editar Canal, hay q tomar en cuenta q se puede configurar un máximo de 30 canales, pero para este proyecto necesitare solo 1 canal para su funcionamiento.

Toda la configuración se la realizará en el canal 1, la frecuencia de Recepción será 153,375000 y la Frecuencia de Transmisión 152,315000, el tipo de canal que seleccionare Mixed, mediante el cual el repetidor recibirá señales analógicas y digitales, modo de transmisión NXDN que hace referencia que la transmisión será digital, la codificación y decodificación QT/DQT, es la señalización que se utiliza para facilitar las comunicaciones dentro de un grupo cuando se comparte el mismo canal que en este caso se utilizará el tono 100 para ambos casos. RAN (Número De Acceso a la Radio) se utiliza si el canal y el grupo son compartidos por varios grupos y así direccionar específicamente a los usuarios que se comunicarán con este código, es decir las comunicaciones serán aún más seguras, en este caso se selecciona ninguna. El nombre como se identificará el canal en este caso se le dejará con el nombre 1. Se selecciona que el poder de transmisión va hacer alto para explotar al máximo las bondades de la repetidora, el espaciamiento de canales analógicos que se seleccionará será Narrow (Estrecho) hace referencia que se utilizará un ancho de banda de espaciamiento de canal de 12,5Khz, el espaciamiento de canales digitales que viene por default es Very Narrow (Muy Estrecho) que hace referencia q utilizaré un ancho de banda de espaciamiento de canal de 6,25Khz y por último se escogerá el modo de operación que será repetidor, se dará clic en salir y quedarán establecidos cada uno de los parámetros a cargar en la repetidora NXR – 710.

Adicional también se puede asignar el funcionamiento de los seis botones que dispone la repetidora, tal y como indica la Figura 81.

**Figura 80**

*Asignación de operación de botones a la repetidora*



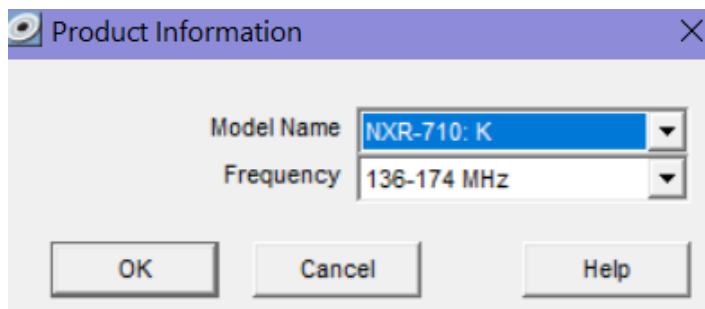
Nota: En esta figura es donde se le asignan funciones a los botones que dispone la repetidora NXR - 710

Para la asignación de teclas, se dará clic en Editar / Asignación de teclas y a continuación se procede asignar funciones a cada una de las teclas si así lo amerita el usuario programador.

También se puede visualizar la información de la repetidora que se utiliza y su rango de frecuencia de operación. Finalmente se cargan todos los datos configurados en la repetidora NXR – 710, para lo cual hacer clic en la pestaña Programa / Escribir datos a la repetidora / Aceptar.

**Figura 81**

*Información de repetidora NXR - 710*



Nota: Información proporcionada por el software y rango de operación de la misma.

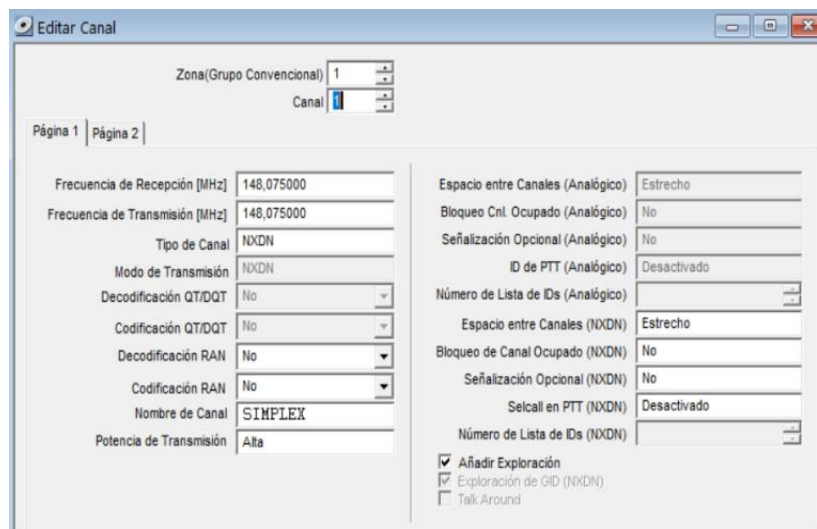
### 14.9.2 Configuración de radios Kenwood NX 200 y NX 700

Para la configuración y programación de la radio Kenwood NX 200 y NX 700 se utilizó el software KPG – 111D.

Una vez instalado el software se procede a ejecutarlo y de igual manera a configurar el puerto de comunicación, con el cual, se cargarán los datos requeridos para su configuración.

**Figura 82**

*Configuración de canal 1 de las radios fijas, móviles y portátiles*



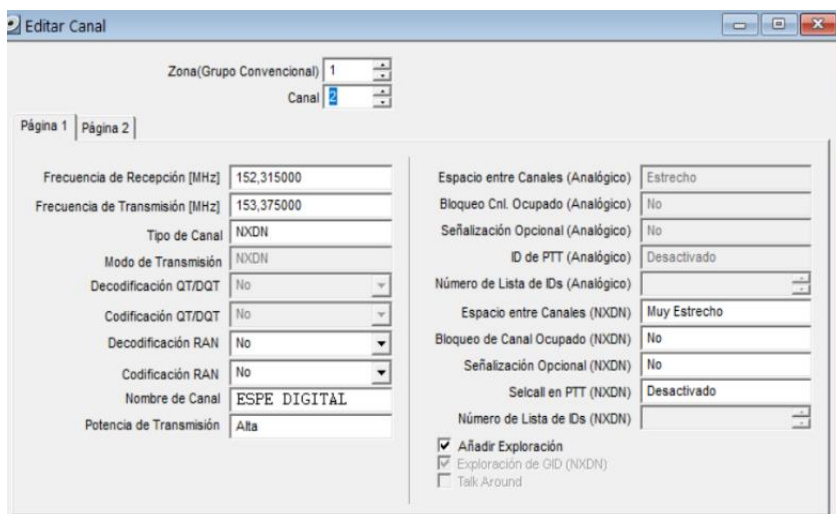
Nota: En esta figura se realiza la configuración del canal 1.



Una vez ubicado en la pestaña Editar canal, se procede a ingresar los parámetros requeridos, en este caso se utilizará la misma frecuencia de transmisión y recepción sin necesidad de utilizar la repetidora NXR – 710, se podrá establecer comunicación entre las radios o estaciones que se encuentren dentro de este canal, ya que solo se podrán comunicar las que estén en el rango de cobertura que se encuentren estas radios, a este canal se la asignado el nombre de SIMPLEX para poder identificar de los demás canales a configurar.

### Figura 83

#### Configuración del canal 2



Editar Canal	
Zona (Grupo Convencional)	1
Canal	2
Página 1   Página 2	
Frecuencia de Recepción [MHz]	152,315000
Frecuencia de Transmisión [MHz]	153,375000
Tipo de Canal	NXDN
Modo de Transmisión	NXDN
Decodificación QT/DQT	No
Codificación QT/DQT	No
Decodificación RAN	No
Codificación RAN	No
Nombre de Canal	ESPE DIGITAL
Potencia de Transmisión	Alta
Espacio entre Canales (Análogo)	Estrecho
Bloqueo Cnl. Ocupado (Análogo)	No
Señalización Opcional (Análogo)	No
ID de PTT (Análogo)	Desactivado
Número de Lista de IDs (Análogo)	
Espacio entre Canales (NXDN)	Muy Estrecho
Bloqueo de Canal Ocupado (NXDN)	No
Señalización Opcional (NXDN)	No
Selcall en PTT (NXDN)	Desactivado
Número de Lista de IDs (NXDN)	
<input checked="" type="checkbox"/> Añadir Exploración	
<input checked="" type="checkbox"/> Exploración de GD (NXDN)	
<input type="checkbox"/> Talk Around	

Nota: En esta figura se realiza la configuración del canal 2.

En la Figura 84. Se puede observar la configuración del canal 2, el mismo que establecerá comunicación con la repetidora Kenwood NXR – 710, en el rango de frecuencias de transmisión 152,315000 MHz y recepción 153,375000 MHz, este canal trabajará en modo digital.

**Figura 84***Configuración del canal 3*

Editar Canal	
Zona(Grupo Convencional)	1
Canal	3
Página 1   Página 2	
Frecuencia de Recepción [MHz]	152,315000
Frecuencia de Transmisión [MHz]	153,375000
Tipo de Canal	Análogo
Modo de Transmisión	Análogo
Decodificación QT/DQT	100,0
Codificación QT/DQT	100,0
Decodificación RAN	No
Codificación RAN	No
Nombre de Canal	ESPE ANALOGICO
Potencia de Transmisión	Alta
Espacio entre Canales (Análogo)	Ancho
Bloqueo Cnl. Ocupado (Análogo)	No
Señalización Opcional (Análogo)	No
ID de PTT (Análogo)	Desactivado
Número de Lista de IDs (Análogo)	
Espacio entre Canales (NXDN)	Estrecho
Bloqueo de Canal Ocupado (NXDN)	No
Señalización Opcional (NXDN)	No
Seccali en PTT (NXDN)	Desactivado
Número de Lista de IDs (NXDN)	
<input checked="" type="checkbox"/> Añadir Exploración	
<input checked="" type="checkbox"/> Exploración de CID (NXDN)	
<input type="checkbox"/> Talk Around	

Nota: En esta figura se realiza la configuración del canal 3.

En la Figura 85. De la misma manera que el canal 2, se realiza la configuración del canal 3, el mismo que establecerá comunicación con la repetidora Kenwood NXR – 710, en el rango de frecuencias de transmisión 152,315000 MHz y recepción 153,375000 MHz, la misma que trabajará en modo analógico.

De esta manera se configurarán las estaciones, portátiles, móviles, repetidora NXR – 710 para su posterior funcionamiento.

#### **14.10 Análisis de resultados**

Para la implementación del sistema de telecomunicaciones VHF para establecer conexión entre la Espe Belisario Quevedo, Espe Centro y la Brigada de Fuerzas Especiales N.º 9 Patria, se lo realizó mediante el cálculo del presupuesto de enlace mediante las siguientes frecuencias que se detallan a continuación.

**Tabla 11.***Asignación de frecuencias a canales*

Canal	Nombre del Canal	Frecuencia de Tx	Frecuencia de Rx
Canal 1	Simplex	148,075000	148,075000
Canal 2	Digital	152,375000	153,375000
Canal 3	Analógico	152,375000	153,375000

Nota: Esta tabla indica la asignación de nombres y frecuencias de las canales programadas en las radios fijas y portátiles.

Se puede analizar que la repetidora instalada en el cerro Putsalahua se encuentra ubicada en una buena ubicación geográfica en la ciudad de Latacunga, ya que permite la conexión de las diferentes estaciones de radio, llegando con una cobertura hacia el Norte hasta el Chasqui y hacia el Sur hasta el volcán Carahuairazo en línea de vista.

La modulación de voz en canal analógico existe interferencia, lo que dificulta para que la voz no se escuche tan nítida, al contrario que la modulación de voz en canal digital la calidad voz es excelente, sin ruidos ni interferencias.

Entre las pruebas que se realizaron, desde la Espe Belisario Quevedo y la Espe Centro, con las estaciones fijas y portátiles, sin utilizar la repetidora instalada en el cerro Putzalahua, para verificar el área de cobertura entre estas dos estaciones, para lo cual se reflejaron los siguientes resultados:

**Tabla 12.***Cobertura modo Simplex*

Modo	Origen	Destino	Enlace
Simplex	Espe Belisario	Espe Centro/Estación	SI
	Quevedo/Estación Fija	Fija	
Simplex	Espe Belisario	Espe Centro/Estación	SI
	Quevedo/Estación Fija	portátil	
Simplex	Espe Belisario	Espe Centro/Estación	SI
	Quevedo/Estación portátil	Fija	
Simplex	Espe Belisario	Espe Centro/Estación	NO
	Quevedo/Estación portátil	portátil	

Nota: En esta tabla se verifica si existe o no cobertura entre la Espe Belisario Quevedo y Espe Centro en modo simplex.

Para lo cual se puede determinar que existe enlace hasta el 75%, del 100%, entre la Espe Belisario Quevedo y la Espe Centro en modo Simplex, ya que no existe enlace entre dos estaciones portátiles, para poder establecer comunicación entre estas dos sedes, será suficiente con que cualquier radio portátil se enlace a una estación fija.

El principal motivo por lo que no existe comunicación entre estas 2 estaciones entre las radios portátiles es porque tienen una potencia de transmisión y ganancia de la antena mucha menor al sistema con el que se manejan las radios fijas.

Entre los parámetros a considerar de las estaciones de radio con conexión a la repetidora tenemos:

**Tabla 13.***Cobertura de enlace de radio entre estaciones de radio principales*

Modo	Origen	Destino	Enlace
Analógico	Espe Belisario Quevedo/Estación	Repetidora/Estación	SI
	Fija	Fija	
Analógico	Espe Belisario Quevedo/Estación	Repetidora/Estación	SI
	Portátil	Fija	
Analógico	Espe Belisario Quevedo/Estación	Repetidora/Estación	SI
	Vehicular	Fija	
Analógico	Espe Centro/Estación Fija	Repetidora/Estación	SI
		Fija	
Analógico	Espe Centro/Estación Portátil	Repetidora/Estación	SI
		Fija	
Analógico	Espe Centro/Estación Vehicular	Repetidora/Estación	SI
		Fija	
Analógico	Brigada de Fuerzas Especiales	Repetidora/Estación	SI
	N.º 9 Patria/Estación Fija	Fija	
Analógico	Brigada de Fuerzas Especiales	Repetidora/Estación	SI
	N.º 9 Patria /Estación Portátil	Fija	
Analógico	Brigada de Fuerzas Especiales	Repetidora/Estación	SI
	N.º 9 Patria /Estación Vehicular	Fija	

Nota: Esta tabla indica la cobertura de las estaciones de radio con la repetidora en modo analógico.

En la Tabla 13, se puede observar que las estaciones de radio principales tienen enlace de cobertura en modo analógico con el cerro Putzalahua, ya que, con esta

conexión, cualquier estación de radio podrá intercomunicarse con las demás estaciones ubicadas en diferentes localizaciones, lo cual es bueno, porque permitirá satisfacer las necesidades de cobertura requeridas para su comunicación.

**Tabla 14.**

*Cobertura entre estaciones de radio y repetidora modo digital*

Modo	Origen	Destino	Enlace
Digital	Espe Belisario Quevedo/Estación Fija	Repetidora/Estación Fija	SI
Digital	Espe Belisario Quevedo/Estación Portátil	Repetidora/Estación Fija	SI
Digital	Espe Belisario Quevedo/Estación Vehicular	Repetidora/Estación Fija	SI
Digital	Espe Centro/Estación Fija	Repetidora/Estación Fija	SI
Digital	Espe Centro/Estación Portátil	Repetidora/Estación Fija	SI
Digital	Espe Centro/Estación Vehicular	Repetidora/Estación Fija	SI
Digital	Brigada de Fuerzas Especiales N.º 9 Patria/Estación Fija	Repetidora/Estación Fija	SI
Digital	Brigada de Fuerzas Especiales N.º 9 Patria /Estación Portátil	Repetidora/Estación Fija	SI
Digital	Brigada de Fuerzas Especiales N.º 9 Patria /Estación Vehicular	Repetidora/Estación Fija	SI

Nota: Está tabla indica la cobertura de las estaciones de radio con la repetidora en modo digital.

En la Tabla 14, de igual manera, se puede observar que las estaciones de radio principales tienen enlace de cobertura en modo digital con el cerro Putzalahua, gracias a esta conexión, cualquier estación de radio estará en la posibilidad de intercomunicarse con las demás estaciones ubicadas en diferentes localizaciones, lo cual es excelente, porque explotará una de las mejores bondades que tiene la repetidora para su comunicación, como lo es, con su alta calidad de voz.

## 15 Conclusiones y recomendaciones

Se establecieron las siguientes conclusiones y recomendaciones para el proyecto Implementación de un sistema de telecomunicaciones VHF para establecer comunicación entre el campus Latacunga centro, el campus Latacunga Belisario Quevedo de la universidad de las Fuerzas Armadas Espe y la Brigada de Fuerzas Especiales N.º 9 Patria”.

### 15.1 Conclusiones

- Se realizó un análisis técnico que permitió conocer los parámetros necesarios para el funcionamiento del radioenlace, el cual permite establecer radiocomunicación entre las diferentes estaciones de radio instaladas y que servirán de gran interés y ayuda para el aprendizaje de los alumnos universitarios.
- La implementación del sistema de telecomunicaciones VHF, servirá de gran ayuda y beneficio para el mando militar, ya que permitirá establecer comunicación entre el campus Latacunga centro, el campus Latacunga Belisario Quevedo de la universidad de las Fuerzas Armadas Espe y la Brigada de Fuerzas Especiales N.º 9 Patria”, ya que podrán ser utilizadas para diferentes actividades tanto militares como universitarias.
- Se verificó y se realizó pruebas con los equipos de radio instalados en los puntos establecidos para su funcionamiento, sobresaliendo el modo digital por la calidad de voz receptada, por tal razón el sistema cumple con la cobertura requerida para la implementación del proyecto.
- Mediante la simulación del sistema en Radio Mobile, se pudo observar que los equipos utilizados tienen la capacidad de cubrir desde el Chasqui hasta el cerro Putzalahua ubicado en la provincia perteneciente a Tungurahua.



## 15.2 Recomendaciones

- Configurar la repetidora NXR-710, para que pueda establecer comunicación con el cerro Pilisurco y de esta manera enlazarme con la red de la Brigada de Fuerzas Especiales N.º 9 Patria y así poder cubrir una mayor cobertura de red.
- Tener un encargado que lleve el control de todo este sistema de radioenlace, para que esté monitoreando constantemente este sistema y verifique su correcto funcionamiento y corrija posibles fallas si fuera el caso.
- Instalar los equipos utilizados para el funcionamiento del radioenlace en el cerro Putzalahua para ponerlos en funcionamiento y explotar las bondades de cobertura que nos ofrece, a través de la repetidora.

## 16 GLOSARIO DE TÉRMINOS

**UIT:** Unión Internacional de Telecomunicaciones

**CITEL:** Comisión Interamericana de Telecomunicaciones

**CAN:** Comunidad Andina de Naciones

**MINTEL:** Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información

**ARCOTEL:** Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones

**LOT:** Ley Orgánica de Telecomunicaciones

**FRECUENCIA:** Número de veces que se repite un proceso periódico por unidad de tiempo.

**ONDA:** Movimiento periódico que se propaga en un medio físico o en el vacío

**RADIOENLACE:** Conexión entre dos puntos mediante ondas radioeléctricas

**ONDA RADIOELÉCTRICA:** Onda electromagnética empleada en la radiodifusión

**PROPAGACIÓN:** Acción y efecto de propagar

**ONDA ELECTROMAGNÉTICA:** Forma de propagarse a través del espacio los campos electromagnéticos producidos por las cargas eléctricas.

**COBERTURA:** Extensión territorial que abarcan diversos servicios, especialmente los de las telecomunicaciones.

**RADIOCOMUNICACIÓN:** Telecomunicaciones realizada por medio de las ondas radioeléctricas.

**TELECOMUNICACIÓN:** Sistema de transmisión y recepción a distancia de señales de diversa naturaleza por medios electromagnéticos.

**VHF (VERY HIGH FREQUENCY):** Es la banda del espectro electromagnético que ocupa el rango de frecuencias de 30 MHz y 300 MHz.

**IRRADIAR:** Transmitir, propagar, difundir

## 17 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Astudillo, H. (2019). *Implementación de la tecnología vhf digital en ilumbisi para la radiocomunicación de la empresa Teviasa*. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Atlasgeomundo. (2016). *Blogger*. Recuperado el 18 de Septiembre de 2019, de Climatología: <http://atlasgeomundo.blogspot.com/2017/01/elementos-del-clima.html>
- blogspot. (30 de Mayo de 2010). *blogspot*. Recuperado el 20 de Septiembre de 2019, de Tipos de Antenas: <http://rdspako.blogspot.com/2010/05/antenas-de-hilo.html>
- Buettrich, S. (Octubre de 2007). *itrainonline*. Recuperado el 24 de Febrero de 2020, de Cálculo de Radioenlace:  
[http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless\\_es/files/06\\_es\\_calculo-de-radioenlace\\_guia\\_v02.pdf](http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/06_es_calculo-de-radioenlace_guia_v02.pdf)
- Buettrich, S. (Oscubre de 2007). *itrainonline*. Recuperado el 24 de Febrero de 2020, de Cálculo de Radioenlace:  
[itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless\\_es/files/06\\_es\\_calculo-de-radioenlace\\_guia\\_v02.pdf](http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/06_es_calculo-de-radioenlace_guia_v02.pdf)
- Buettrich, S. (Octubre de 2007). *itrainonline*. Recuperado el 25 de Noviembre de 2019, de Cálculo de Radioenlace - Potencia de Tx:  
[http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless\\_es/files/06\\_es\\_calculo-de-radioenlace\\_guia\\_v02.pdf](http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/06_es_calculo-de-radioenlace_guia_v02.pdf)
- Buettrich, S. (Octubre de 2007). *itrainonline*. Recuperado el 25 de Noviembre de 2019, de Cálculo de Radioenlace:  
[http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless\\_es/files/06\\_es\\_calculo-de-radioenlace\\_guia\\_v02.pdf](http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/06_es_calculo-de-radioenlace_guia_v02.pdf)

Buettrich, S. (Octubre de 2007). *itrainonline*. Recuperado el 23 de Noviembre de 2019, de Cñalculo de Radioenlace - Amplificador:

[http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless\\_es/files/06\\_es\\_calculo-de-radioenlace\\_guia\\_v02.pdf](http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/06_es_calculo-de-radioenlace_guia_v02.pdf)

Buettrich, S. (Octubre de 2007). *itrainonline*. Recuperado el 24 de Noviembre de 2019, de Cálculo de Radioenlace:

[http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless\\_es/files/06\\_es\\_calculo-de-radioenlace\\_guia\\_v02.pdf](http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/06_es_calculo-de-radioenlace_guia_v02.pdf)

Buettrich, S. (Octubre de 2007). *itrainonline*. Recuperado el 28 de Noviembre de 2019, de Cálculo de radioenlace:

[http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless\\_es/files/06\\_es\\_calculo-de-radioenlace\\_guia\\_v02.pdf](http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/06_es_calculo-de-radioenlace_guia_v02.pdf)

Buettrich, S. (Octubre de 2007). *itrainonline*. Recuperado el 24 de Noviembre de 2019, de Cálculo de radioenlace:

[http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless\\_es/files/06\\_es\\_calculo-de-radioenlace\\_guia\\_v02.pdf](http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/06_es_calculo-de-radioenlace_guia_v02.pdf)

Buettrich, S. (Octubre de 2007). *itrainonline*. Recuperado el 27 de Noviembre de 2019, de Cálculo de radioenlace:

[http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless\\_es/files/06\\_es\\_calculo-de-radioenlace\\_guia\\_v02.pdf](http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/06_es_calculo-de-radioenlace_guia_v02.pdf)

Buettrich, S. (Octubre de 2007). *itrainonline*. Recuperado el 28 de Noviembre de 2019, de Cálculo de radioenlace:

[http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless\\_es/files/06\\_es\\_calculo-de-radioenlace\\_guia\\_v02.pdf](http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/06_es_calculo-de-radioenlace_guia_v02.pdf)

- Buettrich, S. (Octubre de 2007). *itrainonline*. Recuperado el 26 de Noviembre de 2019, de Cálculo de Radioenlace:  
[http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless\\_es/files/06\\_es\\_calculo-de-radioenlace\\_guia\\_v02.pdf](http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/06_es_calculo-de-radioenlace_guia_v02.pdf)
- Buettrich, S. (Octubre de 2007). *itrainonline*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2019, de Cálculo de radioenlace:  
[http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless\\_es/files/06\\_es\\_calculo-de-radioenlace\\_guia\\_v02.pdf](http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/06_es_calculo-de-radioenlace_guia_v02.pdf)
- Buettrich, S. (2017). *uco*. Recuperado el 18 de Octubre de 2019, de Introducción a la física de la radio: [http://www.uco.es/organiza/departamentos/ing-electrica/documentos/ONDAS\\_EM\\_CONCEPTOS\\_BASICOS.pdf](http://www.uco.es/organiza/departamentos/ing-electrica/documentos/ONDAS_EM_CONCEPTOS_BASICOS.pdf)
- Cisa, A. (2017). *Instituto de Ingeniería Eléctrica -Esopo*. Recuperado el 18 de Agosto de 2019, de Espectro Radioeléctrico:  
<https://iie.fing.edu.uy/proyectos/esopo/espectro-radioelectrico/>
- Conatel. (13 de 01 de 2020). *Conatel*. Recuperado el 16 de Agosto de 2019, de Espectro radioeléctrico: <http://www.conatel.gob.ve/espectro-radioelectrico/>
- Cordero, P. J. (03 de 12 de 2014). *slideshare*. Obtenido de Dispersión:  
<https://es.slideshare.net/JudithCorderoPea/fundamentos-de-acstica-fisiologica-ondas-mecnicas-sonido>
- Escobar, L., Escalona, A., & Herazo, H. (12 de 11 de 2012). *propagacion de ondas*. Recuperado el 16 de Septiembre de 2019, de Atenuación y absorción de ondas:  
<http://propagaciondeondascom1.blogspot.com/2012/11/atenuacion-y-absorcion-de-ondas.html>
- ESPE, U. d. (2019). *Filosofía*. Recuperado el 22 de Agosto de 2019, de <https://espe-el.espe.edu.ec/filosofia/>

- Fernández, J. L., & Coronado, G. (2013). *Fiscalab*. Recuperado el 18 de Septiembre de 2019, de Efecto Doppler: <https://www.fiscalab.com/apartado/efecto-doppler>
- Fernández, J. L. (2013). *FRISICALAB*. Recuperado el 17 de Agosto de 2019, de Atenuación: <https://www.fiscalab.com/apartado/amortiguacion>
- Gallardo, I. (2012). *Física y Química*. Valencia, España. Recuperado el 18 de Agosto de 2019, de Magnitudes características de las ondas: [http://www.oupe.es/es/mas-areas-educacion/secundaria/fisica-y-quimica/proyadarvenacional/proyadarve4fisicayquimica/Galeria%20documentos/adarve\\_fiq\\_interior.pdf](http://www.oupe.es/es/mas-areas-educacion/secundaria/fisica-y-quimica/proyadarvenacional/proyadarve4fisicayquimica/Galeria%20documentos/adarve_fiq_interior.pdf)
- Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial. (Jueves de Julio de 2014). *Cotopaxi Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial*. Recuperado el 18 de Febrero de 2020, de Cantón Latacunga: <https://www.cotopaxi.gob.ec/index.php/2015-09-20-00-13-36/2015-09-20-00-15-41/latacunga>
- Gómez, J., Camargo, L. L., & Beltrán, J. T. (2017). *Radiocomunicaciones Teoría y Principios* (Primera ed.). Colombia: Unimagdalena. Recuperado el 18 de Septiembre de 2019, de Recuperado de <https://www.ebook.com>
- Grupo de Radiocomunicaciones. (2007). *eslared*. Recuperado el 25 de Febrero de 2020, de Tutorial de Radio Mobile: <http://www.eslared.net/walcs/walc2011/material/track1/Manual%2520de%2520Radio%2520Mobile.pdf>
- Grupo de Radiocomunicación. (Febrero de 2007). *Tutorial de Radio Mobile*. Recuperado el 26 de Febrero de 2020, de Introducción a Radio Mobile: <http://www.eslared.net/walcs/walc2011/material/track1/Manual%2520de%2520Radio%2520Mobile.pdf>

- Hernandez, F. (2017). *tecnosinergia mayorista de soluciones*. Recuperado el 27 de Octubre de 2019, de Componentes de un sistema de radiocomunicaciones: <https://tecnosinergia.zendesk.com/hc/es/articles/115000281312--Que-compone-un-sistema-de-radiocomunicacion->
- Hidrobo, J., & Ordoñez, J. (2014). *Comunicaciones por radio: Tecnologías, Redes y Servicios de Radiocomunicaciones. El Espectro Electromagnético*. Madrid: RA-MA, S.A. Editorial y Publicaciones. Recuperado el 02 de Septiembre de 2019, de [Recuperado de www.ra-ma.es](http://www.ra-ma.es)
- Huidobro , J. M. (2013). Antenas de telecomunicaciones. *Revista digital deActa*, 9. Recuperado el 19 de Octubre de 2019, de [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/39081826/020001.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3Dantenas.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20200129%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4\\_request&X-Amz-Dat](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/39081826/020001.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3Dantenas.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20200129%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Dat)
- Huidobro , J. M. (2013). Antenas de telecomunicaciones. *Revista digital de acta*, 12. Recuperado el 20 de Octubre de 2019, de [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/39081826/020001.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3Dantenas.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20200129%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4\\_request&X-Amz-Dat](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/39081826/020001.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3Dantenas.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20200129%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Dat)
- Huidobro , J. M. (2013). Antenas de Telecomunicaciones. *Revista digital de acta*, 8. Recuperado el 17 de Octubre de 2019, de Revista digital de acta: <https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/39081826/020001.pdf?res>

ponse-content-disposition=inline%3B%20filename%3Dantenas.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20200129%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4\_request&X-Amz-Dat

Huidobro y Ordoñez . (2014). *El Espectro Electromagnético*. Madrid: RA-MA, S.A.

Recuperado el 2019 de Septiembre de 2019, de Recuperado de [www.ra-ma.es](http://www.ra-ma.es)

Huidobro y Ordóñez. (2014). *Espectro electromagnético y telecomunicaciones*. Madrid: RA-MA, S.A.

Huidobro y Ordóñez. (2014). *Espectro electromagnético y telecomunicaciones*. Madrid: RA-MA, S.A.

Huidobro, J. M. (2013). Antenas de telecomunicaciones. *Revista digital de acta*, 4.

Huidobro, J. M. (2013). Antenas de telecomunicaciones. *Revista digital de acta*, 5.

Huidobro, J. M. (2013). Antenas de telecomunicaciones. *Revista digital de acta*, 7.

Huidobro, J. M. (2013). Antenas de telecomunicaciones. *Revista digital de acta*, 6.

Huidobro, J. M. (2013). Antenas de telecomunicaciones. *Revista digital de acta*, 6.

Huidobro, J. M. (2013). Antenas de telecomunicaciones. *Revista digital de acta*, 6.

Huidobro, J. M. (2013). Antenas de telecomunicaciones. *Revista digital de acta*, 10.

Huidobro, J. M. (2013). Antenas de telecomunicaciones. *Revista digital de acta*, 10.

Huidobro, J. M. (2013). Antenas de telecomunicaciones. *Revista digital de acta*, 13.

Huidobro, J. M., & Ordóñez, J. (2014). *Comunicaciones por Radio: Tecnologías, Redes y Servicios de Radiocomunicaciones. El Espectro Electromagnético*. Madrid: RA-MA, S.A. Editorial y Publicaciones. Obtenido de Recuperado de [www.ra-ma.es](http://www.ra-ma.es)

Huidobro, J. M., & Ordóñez, J. (2014). *Comunicaciones por Radio: Tecnologías, Redes y Servicios de Radiocomunicaciones. El Espectro Electromagnético*. Madrid, España: RA-MA, S.A. Editorial y Publicaciones. Obtenido de [www.ra-ma.es](http://www.ra-ma.es)



- Huidobro, J. M., & Ordóñez, J. (2014). *Comunicaciones por Radio: Tecnologías, Redes y Servicios de Radiocomunicaciones. El Espectro Electromagnético*. Madrid, España: RA-MA, S.A. Editorial y Publicaciones. Obtenido de [www.ra-ma.es](http://www.ra-ma.es)
- Huidobro, J. M., & Ordóñez, J. (2014). *Comunicaciones por Radio: Tecnologías, Redes y Servicios de Radiocomunicaciones. El Espectro Electromagnético*. Madrid, España: RA-MA, S.A. Editorial y Publicaciones. Obtenido de [www.ra-ma.es](http://www.ra-ma.es)
- Huidobro, J. M., & Ordóñez, J. (2014). *Comunicaciones por Radio: Tecnologías, Redes y Servicios de Radiocomunicaciones. El Espectro Electromagnético*. Madrid, España: RA-MA, S.A. Editorial y Publicaciones. Obtenido de [www.ra-ma.es](http://www.ra-ma.es)
- Huidobro, J. M., & Ordóñez, J. (2014). *Comunicaciones por Radio: Tecnologías, Redes y Servicios de Radiocomunicaciones. El Espectro Electromagnético*. Madrid, España: RA-MA, S.A. Editorial y Publicaciones. Obtenido de [www.ra-ma.es](http://www.ra-ma.es)
- Huidobro, J. M., & Ordóñez, J. (2014). *Comunicaciones por Radio: Tecnologías, Redes y Servicios de Radiocomunicaciones. El Espectro Electromagnético*. Madrid, España: RA-MA, S.A. Editorial y Publicaciones. Obtenido de [www.ra-ma.es](http://www.ra-ma.es)
- Huidobro, J. M., & Ordóñez, J. (2014). *Comunicaciones por Radio: Tecnologías, Redes y Servicios de Radiocomunicaciones. El Espectro Electromagnético*. Madrid: RA-MA, S.A. Obtenido de [www.ra-ma.es](http://www.ra-ma.es)
- Huidobro, J. M., & Ordóñez, J. (2014). *Comunicaciones por Radio: Tecnologías, Redes y Servicios de Radiocomunicaciones. El Espectro Electromagnético*. Madrid: RA-MA, S.A. Recuperado el 29 de Agosto de 2019, de [www.ra-ma.es](http://www.ra-ma.es)
- Ibáñez, I. (2009). *ipellejero*. Recuperado el 27 de Febrero de 2020, de Manual del cálculo de cobertura de radio mobile: [http://ipellejero.es/radiomobile/RM\\_08.php](http://ipellejero.es/radiomobile/RM_08.php)

- Larrea Viteri, S., Fernando Valverde, D., Salazar Zambrano, D., Saavedra Intriago, J., Intriago Navarrete, J., Ruilova Medina, J., & Sarmiento Cabrera Fabián. (2010). *ESTUDIO DEL ESTANDAR HOME RF LITE CON NORMALIZACIONES PARA COMUNICACIONES VIA RADIO, DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN CUARTO DE TELECOMUNICACIONES CON CONEXIONES DE EQUIPOS PARA VOZ Y DATOS EN LA FINCA LIMONCITO*. UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTIAGO DE GUAYAQUIL, GUAYAQUIL, GUAYAS, ECUADOR. Recuperado el 18 de Noviembre de 2019, de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/9941/1/T-UCSG-PRE-TEC-ITEL-260.pdf>
- Ledesma, A. (6 de marzo de 2011). *blogspot*. Recuperado el 02 de Noviembre de 2019, de Ruido e Interferencia: <http://sistemasencomunicaciones.blogspot.com/2011/03/ruido-e-interferencia.html>
- Lizama, D., Carvajal, D., & Navarrete, F. (11 de noviembre de 2013). *wordpress*. Recuperado el 05 de Noviembre de 2019, de Telecomunicaciones: <https://supertrabajo.wordpress.com/2013/11/11/antenas/>
- LLanos, A. (2013). *Gestión del espectro radioeléctrico en Ecuador* (Vol. 138). (C. Quinche, Ed.) Quito: Corporación Editora Nacional. Recuperado el 06 de Octubre de 2019, de <http://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/3833/1/SM138-Llanos-Gestion.pdf>
- LLanos, A. (2013). *Gestión del espectro radioeléctrico en Ecuador* (Vol. 138). (C. Quinche, Ed.) Quito: Corporación Editora Nacional. Recuperado el 08 de Octubre de 2019, de <http://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/3833/1/SM138-Llanos-Gestion.pdf>

- LLanos, A. (2013). *Gestión del espectro radioeléctrico en Ecuador* (Vol. 138). (C. Quinche, Ed.) Quito, Ecuador: Corporación Editora Nacional. Recuperado el 10 de Octubre de 2019, de <http://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/3833/1/SM138-Llanos-Gestion.pdf>
- MALLA, C. C. (2013). *ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RADIO COMUNICACIÓN EN LA BANDA UHF PARA LA COMPAÑÍA DE TAXIS LOS ANDES EN LA CIUDAD DE CAYAMBE*. ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, QUITO, PICHINCHA, ECUADOR. Recuperado el 26 de Noviembre de 2019, de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/7001/1/CD-5207.pdf>
- Mariana. (16 de julio de 2012). *Blogspot*. Recuperado el 11 de Octubre de 2019, de Tipos de Antenas: <http://tiposdeantenas.blogspot.com/2012/07/que-es-una-antena-una-antena-es-un.html>
- Martínez, J. L. (13 de 07 de 2018). *prored*. Recuperado el 03 de Diciembre de 2019, de Zonad de Fresnel: <https://www.prored.es/zonas-de-fresnel-en-un-radioenlace/>
- Mazón, V. (2014). *Victormazon*. Recuperado el 14 de Octubre de 2019, de VLF - Very Low Freq: [https://victormazon.com/fileadmin/\\_migrated/content\\_uploads/VLF\\_PHOTO.pdf](https://victormazon.com/fileadmin/_migrated/content_uploads/VLF_PHOTO.pdf)
- Menendez, G. G. (2018). *Diseño de un sistema de radio enlace para comunicaciones en el ámbito industrial*. Cataluña, España.
- Mitiu, C. (06 de 02 de 2020). *satlex*. Recuperado el 19 de Octubre de 2019, de Antena plana: [https://www.satlex.it/es/antenna\\_types-page\\_flat.html](https://www.satlex.it/es/antenna_types-page_flat.html)
- Monachesi, E., Frenzel, A. M., Chaile, G., Carrasco, A., & Gómez, F. (2011). *edutecne*. Recuperado el 12 de Septiembre de 2019, de Conceptos generales de antenas: [http://www.edutecne.utn.edu.ar/wlan\\_frt/antenas.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/wlan_frt/antenas.pdf)

- Monachesi, E., Frenzel, A. M., Chaile, G., Carrasco, A., & Gómez, F. (2011). *edutecne*. Recuperado el 16 de Septiembre de 2019, de Conceptos generales de antenas: [http://www.edutecne.utn.edu.ar/wlan\\_frt/antenas.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/wlan_frt/antenas.pdf)
- Navarro, A., & Aguilar, J. (18 de 03 de 2011). Radio cognitiva – Estado del arte. *Sistemas y telemáticas*, 49. Obtenido de Esquema de un sistema de radiocomunicaciones.
- Ordoñez, J. (2015). *Espectro electromagnético y espectro radioeléctrico*. Recuperado el 25 de Agosto de 2019, de Ondas electromagnéticas: [https://www.acta.es/medios/articulos/ciencias\\_y\\_tecnologia/062017.pdf](https://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/062017.pdf)
- Ordóñez, J. M. (2014). *Espectro electromagnético y materia*. Madrid: RA-MA, S.A. Editorial y Publicaciones. Recuperado el 30 de Septiembre de 2019, de [www.ra-ma.es](http://www.ra-ma.es)
- Palacios, R. (30 de 01 de 2019). *Andina*. Recuperado el 25 de Septiembre de 2019, de Estación repetidora: <https://andina.pe/agencia/noticia-mtc-bitel-mantendra-banda-frecuencia-25-ghz-provincias-740919.aspx>
- Pascual, F. R. (2015). *Radiocomunicaciones*. Recuperado el 25 de Octubre de 2019, de Diseño de Radioenlaces: <http://www.radiocomunicaciones.net/pdf/radioenlaces/diseno-basico-radioenlace.pdf>
- Peralta, Á. (16 de 10 de 2014). *Desayuno con fotones*. Recuperado el 17 de Agosto de 2019, de Características de las ondas electromagnéticas: <https://desayunoconfotones.org/2014/10/16/principios-fisicos-del-laser-para-todos-los-publicos/>
- Pérez, E. (2015). *Bibing*. Recuperado el 01 de Octubre de 2019, de Desvanecimiento de ondas electromagnéticas:

<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11930/fichero/04+-+Cap%C3%ADtulo+02+-+Recomendaci%C3%B3n+ITU.pdf>

Santos, M. G. (2014). *Sistemas Telemáticos*. Madrid, España: RA-MA, S.A.

Santos, M. G. (2014). *Sistemas Telemáticos*. Madrid, España: RA-MA, S.A. Obtenido de Recuperado de [www.ra-ma.com](http://www.ra-ma.com)

Satronika. (2013). *Satrónika*. Recuperado el 08 de Noviembre de 2019, de Alcance de VHF: <http://satronikaonline.blogspot.com/2013/09/vhf-significado-y-funciones.html>

Selva, H. J. (2019). *LW8DIE*. Recuperado el 05 de Septiembre de 2019, de Propagación en VHF: <http://www.lw8die.santoslugares.com/propagacion.htm>

Solución, P. (03 de 01 de 2019). *PC- Solución*. Recuperado el 09 de Septiembre de 2019, de Atenuación: <https://pc-solucion.es/2019/01/03/atenuacion/>

Sora Templates & Blogger Templates. (2017). *ciudadwisp*. Recuperado el 05 de Diciembre de 2019, de Antena Isotrópica: <http://ciudadwisp.blogspot.com/2016/07/cual-es-la-diferencia-entre-dbm-y-dbi.html>

TES AMÉRICA. (20 de 06 de 2018). *TES AMÉRICA*. Recuperado el 12 de Octubre de 2019, de Antenas: <https://www.tesamerica.com/tipos-antenas-funcionamiento/>

Unknown. (3 de junio de 2012). *blogspot*. Recuperado el 12 de Agosto de 2019, de Propagación y antenas: <http://antenasypropagacionunach.blogspot.com/2012/06/antena-helicoidal.html>

Villasuso, J. (2014). *Teleformación*. Recuperado el 14 de Octubre de 2019, de Ondas electromagnéticas: [http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicalInteractiva/Onda\\_sbachillerato/ondasEM/ondasEleMag\\_indice.htm](http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicalInteractiva/Onda_sbachillerato/ondasEM/ondasEleMag_indice.htm)

wordpress. (18 de 03 de 2016). *lidiaconlaquimica*. Recuperado el 02 de Octubre de 2019, de La refracción: <https://lidiaconlaquimica.wordpress.com/2016/03/18/la-reflexion-y-la-refraccion-de-las-ondas/>

**18 ANEXOS**



**CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y  
AVIÓNICA**

**CERTIFICACIÓN.**

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por el señor, MANZABA ROMERO,  
EDWIN RICHARD.

En la ciudad de Latacunga a los 10 días del mes de Julio del 2020

ING. CAICEDO FERNANDO.  
DIRECTORA DE LA MONOGRAFÍA.

Aprobado por:

ING. PILATASIG PABLO.  
DIRECTOR DE CARRERA.

ABG. SARITA PLAZA  
SECRETARIA ACADÉMICA.