

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ELCHE

MÁSTER EN INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN



Biblioteca
UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA
EMISORA DE RADIO
EDUCOMUNICATIVA - RADIO UMH
RUANDA

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Julio – 2021

AUTOR: Borja Cabrera Rocamora

DIRECTOR: Óscar Martínez Bonastre

Agradecimientos

A mi familia, por apoyarme en toda decisión que tomo, por muy descabellada que sea.

Especialmente, a los que ya no están. Gracias, tío Paco, por el "sí a todo". Gracias, Carmelín, por esa caja de herramientas, pues vuestros gestos significaron el inicio de todo.

Y por último a Patricia, por cogerme siempre fuerte de la mano, porque donde sea, pero contigo.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	18
1.1 Motivaciones.....	19
1.2 Objetivos.....	20
1.3 Metodología	20
1.3.1 Fases del proyecto	21
1.3.2 Cronograma.....	22
2. ESTADO DEL ARTE.....	25
2.1 Historia de Ruanda.....	25
2.1.1 Genocidio	27
2.1.1.1 Cronología del genocidio	28
2.1.2 La Radio de las Mil Colinas.....	30
2.1.3 Emisoras de radio	34
2.1.4 Plan de evolución: “Visión 2020 Ruanda”.....	42
2.1.4.1 Visión 2020: plan inicial	43
2.1.4.2 Conclusiones y “Visión 2050”	46
2.2 Organismos de referencia	47
2.2.1 La RURA.....	47
2.2.2 La RICTA.....	49
2.2.3 La RBA	52
3. LA RADIO.....	55
3.1 Orígenes	55
3.2 Frecuencias	56
3.3 Modulación	59
3.4 Frecuencias reguladas	62
3.4.1 Radio de Onda Media (OM).....	62
3.4.2 Radio de Amplitud Modulada (AM).....	62
3.4.3 Radio en Frecuencia Modulada (FM)	63
3.4.4 Radiodifusión de Audio Digital (DAB)	63
3.4.5 Radio Mundial Digital (DRM).....	64
3.5 Antenas	65
3.5.1 Antenas omnidireccionales	67
3.5.2 Antena Dipolo Simple	68
3.5.3 Antena Dipolo Circular o Doblado.....	69

3.5.4 Antena Dipolo en V	70
3.5.5 Antenas Direccionales o Directivas	71
3.5.6 Antena Yagi-Uda.....	71
3.5.7 Antena Log-periódica.....	72
3.5.8 Antena Parabólica	73
3.6 Transmisores FM	74
3.6.1 Transmisor FM Harris ZX1000	75
3.6.2 Transmisor FM CTE TX1-HE	77
3.6.3 Transmisor FM VIMESA BLUE PLUS 1000 LCD	79
3.7 Radioenlaces	80
3.7.1 Satelitales	81
3.7.2 Vía IP.....	83
3.8 Filtros FM	84
3.8.1 Filtros Bicavidad y Tricavidad.....	87
3.8.2 Multiplexores FM.....	88
3.9 Cables y Conectores.....	92
3.9.1 Tipos de cables RF	93
3.9.2 Pérdidas por transmisión	96
3.9.3 Conectores RF	97
3.10 Soportes	100
3.10.1 Mástiles	101
3.10.2 Torres Arriostradas o Atirantadas	101
3.10.3 Torres Autoportantes.....	102
3.11 Mesa de sonido	103
3.12 Procesador de audio	108
3.13 Grabador y reproductor.....	111
3.14 Microfonía	115
3.15 Altavoces y Auriculares.....	118
3.16 Cableado	121
3.17 Acondicionamiento Acústico.....	130
3.18 Software	136
3.18.1 Software de grabación y edición	136
3.18.2 Software de emisión.....	141
3.19 Emisoras Comerciales.....	149
3.19.1 Radio Rwanda	150

3.19.2 Radio María.....	158
3.19.3 KT Radio	163
3.19.4 Radio SALUS.....	170
4. DISEÑO EMISORA RADIO UMH - RUANDA.....	177
4.1 Ubicación	177
4.2 Nuestro diseño específico	178
4.3 Presupuesto	197
5. IMPLEMENTACIÓN EMISORA RADIO UMH - RUANDA	200
5.1 Ubicación Definitiva.....	201
5.2 Presupuesto Definitivo.....	204
5.3 Montaje Realizado	205
5.4 Propuesta de implementación FM	217
6. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS	222
6.1 Conclusiones.....	222
6.2 Líneas futuras.....	224
7. ANEXOS.....	228



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Cronología del genocidio en Ruanda. (Fuente: France24.com)	28
Figura 2.2 - Estadio de Gatwaro, Ruanda. (Fuente: Fédération de Football du Burundi)	29
Figura 2.3 - Oficina desde la que emitía RTLM durante el genocidio. (Fuente: Kigali Wire/Flickr)	31
Figura 3.1 - Representación onda electromagnética. (Fuente: Radiansa)	56
Figura 3.2 - Diagrama del espectro electromagnético. (Fuente: Wikipedia)	57
Figura 3.3 - Espectro radioeléctrico desde 3 Hz hasta 300 GHz. (Fuente: Redeszone)	57
Figura 3.4 - Diagrama onda portadora (Signal) frente a Amplitud Modulada (AM) y Frecuencia Modulada (FM). (Fuente: Wikipedia).....	60
Figura 3.5 - Estándar de modulación DRM sobre las bandas de frecuencias AM y FM. (Fuente: Republicaradio)	61
Figura 3.6 - Ejemplo modulación digital, ASK (a) frente a PSK (b) frente a FSK (c). (Fuente: Paginawebcarleidysvargas)	61
Figura 3.7 – Diagrama representación polarizaciones. (Fuente: Wikipedia)	66
Figura 3.8 – Diagrama radiación dipolo, a la izquierda y antena dipolo, a la derecha. (Fuente: Demonstrations.wolfram.com y Tectiscom).....	69
Figura 3.9 – Antena dipolo circular emisora, a la izquierda y antena dipolo circular receptora, a la derecha. (Fuente: Milanuncios y Televes)	70
Figura 3.10 – Array antenas dipolo en V, a la izquierda y antena dipolo en V con reflector, a la derecha. (Fuente: Radioenlaces.com).....	71
Figura 3.11 – Antena Yagi-Uda 3 elementos FM 87 - 108 MHz Protel ARYCKM-B-37X. (Fuente: Antennakit.es).....	72
Figura 3.12 – Antena Log-periódica FM 87.5 - 108 MHz Protel ARL0205.1. (Fuente: Protel-antennas.com)	73
Figura 3.13 – Antena parabólica tipo rejilla. (Fuente: Freepik.es).....	74
Figura 3.14 - Esquema módulos transmisor FM. (Fuente: Brats-qth.org)	74
Figura 3.15 - Diagrama de transmisión unidireccional. (Fuente: Ciberresponsales.org)	75
Figura 3.16 - Transmisor Harris ZX1000 FM. (Fuente: Fccid.io)	76
Figura 3.17 - Transmisor CTE TX1-HE. (Fuente: Ctedb.com)	77
Figura 3.18 - Transmisor VIMESA BLUE PLUS 1000 LCD. (Fuente: Jarcom.com) .	79
Figura 3.19 - Ejemplo de radioenlace. (Fuente: Analfatecnicos.net)	80

Figura 3.20 - Enlace Punto a Punto vs Punto a Multipunto. (Fuente: BridgesystemsLtd.com)	81
Figura 3.21 - Ejemplo radioenlace satélite. (Fuente: Byjus.com)	82
Figura 3.22 - Ejemplo radioenlace terrestre. (Fuente: Ccpt.com)	83
Figura 3.23 - Esquema conexión Audio Códec IP. (Fuente: Broadcaststoreeurope.com)	83
Figura 3.24 - Audiocodificador Preco Tieline Genie IPv6. (Fuente: Panoramaaudiovisual.com).....	84
Figura 3.25 - Esquema filtro pasa banda. (Fuente: Ro.onlinesale2021.ru)	85
Figura 3.26 - Diagrama filtro cavidades. (Fuente: Measuretronix.com).....	86
Figura 3.27 - Filtro FM pasa banda resonante unicavidad Lamda CP 3 AQ. (Fuente: Lambdaantenas.com).....	87
Figura 3.28 - Filtros VIMESA FM 2 kW Bicavidad (derecha) y Tricavidad (izquierda). (Fuente: Vimesa.es).....	88
Figura 3.29 - Ejemplo multiplexación - demultiplexación por división de frecuencia (FDM). (Fuente: Electronicaradical.blogspot.com)	89
Figura 3.30 - Gráfica ejemplo triplexor VIMESA STAR POINT. (Fuente: Vimesa.es)	90
Figura 3.31 - Esquema diplexor star-point. (Fuente: Ibroad.es)	90
Figura 3.32 - Triplexor FM tipo estrella VIMESA STAR POINT. (Fuente: Vimesa.es)	91
Figura 3.33 - Diplexor FM de impedancia constante IBROAD. (Fuente: Ibroad.es) ...	92
Figura 3.34 – Diagrama cable coaxial. (Fuente: Google.com).....	93
Figura 3.35 – Cable coaxial RG-214. (Fuente: Cervi.es).....	95
Figura 3.36 – Cable coaxial LMR-LW400. (Fuente: Cablewindow.com).....	95
Figura 3.37 – Cable coaxial CELLFLEX ¼”. (Fuente: Radiofrequencysystems.com) 95	
Figura 3.38 – Cable coaxial CELLFLEX ½”. (Fuente: RepeaterShop.nl)	95
Figura 3.39 – Cable coaxial CELLFLEX ⅜”. (Fuente: Sdradio.es).....	95
Figura 3.40 – Comparativa cables CELLFLEX ¼”, ½”, ⅜”, ⅝” y ⅞”. (Fuente: Pt.made-in-china.com).....	96
Figura 3.41 – Ecuación de la atenuación para conductores de cobre. (Fuente: UNICAN.es).....	96
Figura 3.42 - Ecuación de la impedancia característica de las líneas coaxiales. (Fuente: UNICAN.es).....	97
Figura 3.43 – Conector BNC 50 Ohms. (Fuente: Distrelec.biz)	98
Figura 3.44 – Conector N. (Fuente: Cetronic.es)	98

Figura 3.45 – Conector DIN 7/16". (Fuente: Spanish.alibaba.com)	99
Figura 3.46 – Conector EIA 5/8". (Fuente: Advicom.ec)	100
Figura 3.47 – Diagrama soporte antena yagi. (Fuente: Proyectoelectronico.com)	100
Figura 3.48 – Mástil de celosía. (Fuente: TDTprofesional.com)	101
Figura 3.49 – Torre arriostrada. (Fuente: Guzman-nacich.com.ar).....	102
Figura 3.50 – Torre autoportante. (Fuente: Produto.mercadolivre.com)	103
Figura 3.51 - Diagrama mesa de sonido. (Fuente: Pinterest.fr).....	104
Figura 3.52 - Diagrama mesa de sonido broadcast AXEL OXYGEN 3000. (Fuente: Axeltechnology.com)	105
Figura 3.53 - Consola digital AEQ ATRIUM. (Fuente: Amplify.nabshow.com).....	106
Figura 3.54 - Mesa de sonido analógica D&R Airlab MKII. (Fuente: Hr.player.morpheusstore.com)	107
Figura 3.55 - Mesa de sonido digital Yamaha 01v96i. (Fuente: Hispasonic.com)	108
Figura 3.56 - Etapas generales del procesador de audio. (Fuente: elaboración propia)	109
Figura 3.57 - Procesador de audio OMINA Volt. (Fuente: Radioworld.com).....	109
Figura 3.58 - Espectro de señal FM con sistema RDS. (Fuente: Youtube.com).....	110
Figura 3.59 - Codificador RDS FMUSER modelo RDS-C. (Fuente: Aliexpress.com)	111
Figura 3.60 -Esquema de grabador y reproductor de audio digital. (Fuente: Sciencedirect.com)	112
Figura 3.61 - Proceso de la conversión A/D. (Fuente: Wikiwand.com)	112
Figura 3.62 - Codificación analógica a digital. (Fuente: Tecnologia-informatica.es). 113	
Figura 3.63 - Grabadora DENON DN-700R. (Fuente: Ecured.cu).....	113
Figura 3.64 - Pletina CD y Cassette TASCAM CD-A580. (Fuente: Tascam.com)....	114
Figura 3.65 - Diagrama de un micrófono dinámico. (Fuente: Monografias.com)	115
Figura 3.66 - Patrones de captación de los micrófonos. (Fuente: Hardzone.es)	116
Figura 3.67 - Micrófono Sennheiser e835. (Fuente: Mediatekis.com).....	117
Figura 3.68 - Kit micrófono USB marca BASEDJ. (Fuente: Basedj.es)	117
Figura 3.69 - Diagrama altavoz dinámico de imán permanente. (Fuente: IESlosviveros.es)	118
Figura 3.70 - Diagrama crossover. (Fuente: Videorockola.com).....	119
Figura 3.71 - Monitor estudio Presonus ERIS E5. (Fuente: Amplificacionysonido.com)	120
Figura 3.72 - Auriculares AKG K141 MKII. (Fuente: Gear4music.es).....	121

Figura 3.73 - Diagrama cancelación de ruido en cables balanceados. (Fuente: ehomerecordingstudio.com)	122
Figura 3.74 - Conexión cable XLR Neutrik hembra (izquierda) y macho (derecha). (Fuente: Farnell.com)	123
Figura 3.75 - Cables TRS 3,5 mm y 6,35 mm. (Fuente: Wintablet.info).....	124
Figura 3.76 - Conectores TS, TRS y TRRS. (Fuente: Wintablet.info)	125
Figura 3.77 - Cables RCA Cordial. (Fuente: Musicstore.com).....	125
Figura 3.78 - Cable MIDI. (Fuente: Soundcheck.com).....	126
Figura 3.79 - Tabla tipos USB más utilizados en equipamiento de audio. (Fuente: Dgitech.es).....	127
Figura 3.80 - Cable 8 canales AES/EBU Proaudiola. (Fuente: Proaudiola.com)	128
Figura 3.81 - Cable Ethercon CAT5 Cordial. (Fuente: Musikhaus-korn.de).....	129
Figura 3.82 - Cables óptico MADI Alva ONK6. (Fuente: Sweetwater.com)	129
Figura 3.83 - Cable BNC. (Fuente: Ldlc.com).....	130
Figura 3.84 - Ejemplo de reflexión acústica. (Fuente: Wikipedia.org)	131
Figura 3.85 - Visualización del principio básico de la medición RT60. (Fuente: Nti-audio.com).....	132
Figura 3.86 - Método del ruido interrumpido. (Fuente: Sciencedirect.com).....	133
Figura 3.87 - Sonómetro y altavoz dodecaedro en prueba de medición acústica. (Fuente: Iatacustica.es)	133
Figura 3.88 - Puerta acústica Acústica Integral RS3 51 dB. (Fuente: Radio UMH)...	134
Figura 3.89 - Visor acústico. (Fuente: Iberacustica.com)	134
Figura 3.90 - Ejemplo de trampas de graves. (Fuente: Hispasonic.com).....	135
Figura 3.91 - Ejemplos de difusores acústicos. (Fuente: Hispasonic.com).....	135
Figura 3.92 - Ejemplo materiales absorbentes. (Fuente: Hispasonic.com)	136
Figura 3.93 - Software Audacity. (Fuente: Elaboración propia).....	137
Figura 3.94 - Software Adobe Audition. (Fuente: Elaboración propia).....	138
Figura 3.95 - Software Cubase. (Fuente: Elaboración propia).....	139
Figura 3.96 - Software FL Studio. (Fuente: Elaboración propia).....	140
Figura 3.97 - Software Final Cut Pro. (Fuente: Support.apple.com)	140
Figura 3.98 - Software XFrame Radio. (Fuente: Aspaandina.com).....	142
Figura 3.99 - Software Dalet con extensión Adobe Audition. (Fuente: Panoramaaudiovisual.com).....	143
Figura 3.100 - Software AEQ AudioPlus. (Fuente: Panoramaaudiovisual.com).....	144
Figura 3.101 - Software ZaraRadio. (Fuente: Radio UMH)	146

Figura 3.102 - Software Radit (arriba) vs Vimar (abajo). (Fuente: Youtube.com y Radit.org).....	148
Figura 3.103 - Software G-Radio. (Fuente: G-radio.org).....	149
Figura 3.104 - Mapa aproximado de cobertura de Radio Rwanda. (Fuente: ANEXO I)	151
Figura 3.105 - Centro emisor de Radio Rwanda en la colina Kiyanzi, 14 de abril de 2016. (Fuente: Rba.co.rw)	152
Figura 3.106 - Centro emisor de Radio Rwanda en la colina Kabuye, abril de 2016. (Fuente: Gakenke.gov.rw)	152
Figura 3.107 - Centro emisor de Radio Rwanda en el monte Mugogo, 31 de julio de 2018. (Fuente: Agage.mit.edu).....	153
Figura 3.108 - Centro emisor de Radio Rwanda en el volcán Karisimbi, 3-5 de agosto de 2018. (Fuente: Countryhighpoints.com).....	154
Figura 3.109 - Equipamiento interior de un centro emisor RBA 1, 21 de mayo de 2015. (Fuente: Youtube.com).....	155
Figura 3.110 - Equipamiento interior de un centro emisor RBA 2, 21 de mayo de 2015. (Fuente: Youtube.com).....	155
Figura 3.111 - Control de Radio Rwanda con mesa de sonido STUDER OnAir 2500, 26 de abril de 2019. (Fuente: Facebook.com)	156
Figura 3.112 - Control RBA MAGIC FM, Jari 90.7, 1 de diciembre de 2019. (Fuente: Facebook.com)	157
Figura 3.113 - Locutorio de Radio Rwanda preparado para 5 integrantes, 6 de noviembre de 2017. (Fuente: Facebook.com)	157
Figura 3.114 - Estudio RBA CR HUYE FM, Huye 100.4, 14 de octubre de 2020. (Fuente: Facebook.com).....	158
Figura 3.115 - Mapa aproximado de cobertura de Radio María Rwanda. (Fuente: ANEXO I)	159
Figura 3.116 - Centro emisor de Radio María Rwanda en Byumba, 3 de julio de 2020. (Fuente: Facebook.com).....	160
Figura 3.117 - Control estudio Radio María Rwanda en Kibagabaga, 24 de marzo de 2018. (Fuente: Igihe.com)	162
Figura 3.118 - Locutorio estudio Radio María Rwanda en Kibagabaga, 24 de marzo de 2018. (Fuente: Igihe.com)	162
Figura 3.119 - Gráfico diales KT Radio. (Fuente: Ktradio.rw).....	163
Figura 3.120 - Mapa aproximado de cobertura de KT Radio. (Fuente: ANEXO I)....	164
Figura 3.121 - Centro emisor de KT Radio en Rebero (Kigali), 28 de febrero de 2016. (Fuente: Kigalitoday.com).....	165

Figura 3.122 - Centro emisor de KT Radio en Karongi, 18 de abril de 2017. (Fuente: Kigalitoday.com)	166
Figura 3.123 - Rack de equipamiento de contribución y monitorización de KT Radio, 28 de febrero de 2016. (Fuente: Kigalitoday.com).....	167
Figura 3.124 - Operario instalando los dipolos de alta potencia en la torre del centro emisor de KT Radio en Nyarupfubire, 28 de febrero de 2016. (Fuente: Kigalitoday.com)	168
Figura 3.125 - Estudio KT Radio, 24 de mayo de 2021. (Fuente: Facebook.com).....	169
Figura 3.126 - Detalle consola analógica AXEL Oxygen 4 de 20 canales y micrófono Neumann BCM 705, KT Radio, octubre de 2016. (Fuente: Bce.lu)	170
Figura 3.127 - Parrilla de Radio Salus durante el mes de noviembre de 2014. (Fuente: Salus.ur.ac.rw)	172
Figura 3.128 - Mapa aproximado de cobertura de Radio SALUS. (Fuente: ANEXO I)	173
Figura 3.129 - Transmisor Radio SALUS situado en el monte Huye. (Fuente: Salus.ur.ac.rw)	174
Figura 3.130 - Sede Radio SALUS situada en Huye, 26 de abril de 2018. (Fuente: Facebook.com)	174
Figura 3.131 - Estudio Radio SALUS equipado con mesa de sonido analógica D&R Airlab DT, 17 de marzo de 2021. (Fuente: Facebook.com)	175
Figura 3.132 - Estudio Radio SALUS equipado con mesa de sonido analógica Axel Oxygen 4 de 10 canales, 19 de julio de 2020. (Fuente: Facebook.com)	176
Figura 4.1 - Ubicación ESSA Ruhengeri (icono rojo) respecto de Kigali, la capital del país (sombreado gris). (Fuente: Google Maps)	177
Figura 4.2 - Estudio Radio UMH Sant Joan d’Alacant. (Fuente: Radio UMH)	178
Figura 4.3 - Esquema propuesto conexión mesa sonido D&R Airmate USB. (Fuente: Elaboración propia)	179
Figura 4.4 - Esquema selector audio (PC directo y PC emisión). (Fuente: Elaboración Propia)	180
Figura 4.5 - Espuma acústica EliAcoustic Alveolar Piramidal 20/10. (Fuente: Amazon)	182
Figura 4.6 - Diseño mesa estudio autocontrol. (Fuente: Radio UMH)	182
Figura 4.7 - Estudio central Radio Aranda Cadena SER. (Fuente: Cadena SER).....	183
Figura 4.8 - Esquema enlace STL a través de internet. (Fuente: AEQ)	185
Figura 4.9 - Diagrama radiación centro emisor Monte Mugogo a 1 kW. (Fuente: ANEXO I)	186

Figura 4.10 - Distancia en línea recta entre Mt. Mugogo (rojo) y ESSA Ruhengeri (blanco). (Fuente: Google Maps).....	187
Figura 4.11 - Simulación parámetros mínimos radioenlace entre Monte Mugogo (verde) y ESSA Ruhengeri (amarillo) para obtener el 100% de señal. (Fuente: Ubiquiti Airlink)	188
Figura 4.12 - Simulación parámetros mínimos radioenlace entre Monte Mugogo (verde) y ESSA Ruhengeri (amarillo) para obtener el 60% de señal. (Fuente: Ubiquiti Airlink)	189
Figura 4.13 - Esquema montaje STL sobre antenas Ubiquiti y audiocodecs AVT. (Fuente: Elaboración propia)	189
Figura 4.14 - Router 4G Huawei B310S-2 con antenas externas. (Fuente: Aliexpress)	190
Figura 4.15 - Equipo de ingenieros instalando cables de fibra óptica en Seredupi, 8 de julio de 2008. (Fuente: Radioworld)	193
Figura 4.16 - Esquema centro emisor FM. (Fuente: Elaboración propia).....	194
Figura 4.17 - Transmisor VIMESA XPT 500. (Fuente: Elaboración propia)	194
Figura 4.18 - Sistema RDS VIMESA Discovery. (Fuente: Elaboración propia).....	195
Figura 4.19 - Antena VIMESA ASD100-IXE-D. (Fuente: VIMESA)	195
Figura 4.20 - Divisor de potencia FM 2 vías PDS2-43-555/6000. (Fuente: Rfsworld.com)	196
Figura 4.21 - Cable CELLFLEX LCF 7/8" 50 Ohm. (Fuente: VIMESA).....	196
Figura 4.22 - Mapa cobertura simulación emisor FM 500W a la frecuencia de 100 MHz ubicado en monte Mugogo. (Fuente: Xirio Online)	197
Figura 5.1 - Vista acceso estancia Radio UMH Ruanda. (Fuente: Cátedra UMH Ruanda).....	202
Figura 5.2 - Vista fondo estancia Radio UMH Ruanda. (Fuente: Cátedra UMH Ruanda)	202
Figura 5.3 - Esquema conexionado estudio Radio UMH Ruanda. (Fuente: Elaboración propia).....	206
Figura 5.4 - Ordenador Dell Vostro 260 Radio UMH Ruanda. (Fuente: Elaboración propia).....	207
Figura 5.5 - Ordenador empaquetado para enviar a Ruanda. (Fuente: Elaboración propia).....	207
Figura 5.6 - Equipamiento recibido para enviar a Ruanda. (Fuente: Elaboración propia)	208
Figura 5.7 - Mesa de sonido empaquetada para enviar a Ruanda. (Fuente: Elaboración propia).....	208

Figura 5.8 - Grabadora Tascam DR-05X y micrófono Radio UMH Ruanda. (Fuente: Elaboración propia)	209
Figura 5.9 - Grabadoras Tascam DR-05X en sus estuches y soportes de micrófonos K&M. (Fuente: Elaboración propia)	210
Figura 5.10 - Micrófonos, auriculares y distribuidores empaquetados para enviar a Ruanda. (Fuente: Elaboración propia).....	210
Figura 5.11 - Grabadora y set de cableado variado empaquetado para enviar a Ruanda. (Fuente: Elaboración propia).....	211
Figura 5.12 - Enrique Más, voluntario UMH, preparando el equipamiento en el ESSA Ruhengeri. (Fuente: Cátedra UMH Ruanda).....	211
Figura 5.13 - Enrique Más, voluntario UMH, comprobando el equipamiento en el ESSA Ruhengeri. (Fuente: Cátedra UMH Ruanda)	212
Figura 5.14 - Estudio Radio UMH Ruanda en el ESSA Ruhengeri. (Fuente: Cátedra UMH Ruanda)	212
Figura 5.15 - Integrantes del medialab del ESSA Ruhengeri haciendo uso del estudio Radio UMH Ruanda. (Fuente: Cátedra UMH Ruanda)	213
Figura 5.16 - Estudiantes del ESSA Ruhengeri haciendo uso del estudio Radio UMH Ruanda. (Fuente: Cátedra UMH Ruanda)	213
Figura 5.17 - Parte frontal amplificador megafonía MPA-650 USB, ESSA Ruhengeri. (Fuente: Cátedra UMH Ruanda).....	214
Figura 5.18 - Parte trasera amplificador megafonía MPA-650 USB, ESSA Ruhengeri. Fuente: (Cátedra UMH Ruanda).....	214
Figura 5.19 - Pareja de altavoces portátiles del ESSA Ruhengeri. (Fuente: Cátedra UMH Ruanda)	215
Figura 5.20 - Altavoz exterior del ESSA Ruhengeri. (Fuente: Cátedra UMH Ruanda)	215
Figura 5.21 - Estudiante escuchando un programa radiofónico en el exterior del ESSA Ruhengeri. (Fuente: Cátedra UMH Ruanda).....	216
Figura 5.22 - Autoridades ruandesas en el estudio Radio UMH Ruanda. (Fuente: Cátedra UMH Ruanda).....	217
Figura 6.1 - Emisora de radio de un campo de refugiados en Indonesia. (Fuente: Fmbroadcastantenna.com).....	226
Figura 6.2 - Emisora de radio solar. (Fuente: Radiofidelity.com).....	226

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 - Listado de emisoras de Radio en Ruanda. (Fuente: Elaboración propia a través de datos consultados en las webs: TuneIn, Mytuner-radio, Onlineradiobox y Rwanda Broadcasting Agency)	42
Tabla 3.1 - Bandas de frecuencia en función de su longitud de onda. (Fuente: Wikipedia)	59
Tabla 3.2 – Tabla de pérdidas de polarización. (Fuente: URE)	67
Tabla 3.3 - Características transmisor Harris ZX1000 FM. (Fuente: Fccid.io).....	77
Tabla 3.4 - Características técnicas transmisor CTE TX1-HE. (Fuente: Ctedb.com)...	78
Tabla 3.5 - Características técnicas transmisor VIMESA BLUE PLUS 1000 LCD. (Fuente: Vimesa.es)	80
Tabla 3.6 – Características cables coaxiales para radiofrecuencia. (Fuente: Elaboración propia).....	94
Tabla 3.7 - Tiempos de reverberación recomendados. (Fuente: Nti-audio.com)	133
Tabla 4.1 - Características principales Ubiquiti PowerBeam AC Gen 2 AirMax 5 GHz. (Fuente: Ubiquiti)	187
Tabla 4.2 - Tarifas 4G ofertadas por las operadoras de telefonía móvil e internet de Ruanda. (Fuente: Mango 4G, KTRN y MTN)	191
Tabla 4.3 - Presupuesto equipamiento de baja frecuencia. (Fuente: Elaboración Propia)	198
Tabla 4.4 - Presupuesto acondicionamiento acústico estancia. (Fuente: Elaboración Propia)	199
Tabla 4.5 - Presupuesto equipamiento de alta frecuencia. (Fuente: Elaboración Propia)	199
Tabla 5.1 - Presupuesto material adquirido estudio Radio UMH Ruanda. (Fuente: Elaboración propia)	205

ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

AM: Amplitud Modulada

ARJ: Association Rwandaise de Journalistes

AUX: Auxiliar

BIOS: Basic Input Output System

BLU: Banda Lateral Única

BNC: Bayonet Neill-Concelman

BSPK: Binary Phase Shift Keying

CAT: Categoría

CCIR: Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones

CEI: Comisión Electrotécnica Internacional

DBL: Doble Banda Lateral

DDR: Double Data Rate

DNS: Domain Name System

DRM: Digital Radio Mondiale

EHF: Extremely High Frequency

ELF: Extremely Low Frequency

ESSA: Ecole de Science Secondaire

FCC: Federal Communications Commission

FLAC: Free Lossless Audio Codec

FM: Frecuencia Modulada

FRP: Front Patriotique Rwandais

GB: GigaBytes

GHz: Gigahercios

H: Hembra

HDD: Hard Drive Disk

HF: High Frequency

Hz: Hercio

ICT: Infraestructura Común de Telecomunicaciones

IEC: International Electrotechnical Commission

IEEE: Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos

IP: Internet Protocol

ISOC: Internet Society

ISP: Internet Service Provider
ITU: Unión Internacional de Telecomunicaciones
IVA: Impuesto Valor Añadido
IXP: Internet Exchange Point
kbps: Kilobits por segundo
kHz: Kilohercio
KT: Kigali Today
LCD: Liquid-Crystal Display
LF: Low Frecuency
m s. n. m.: metros sobre el nivel del mar
M: Macho
MB: MegaBytes
MF: Medium Frecuency
MIDI: Musical Instrument Digital Interface
MINUAR: Misión de las Naciones Unidas en Ruanda
MOSFET: Metal Oxide Semiconductor Field-Effect Transistor
MP2: Moving Picture Experts Group Audio Layer II
MP3: Moving Picture Experts Group Audio Layer III
ND: No Disponible
NICI: Infraestructura Nacional de Comunicaciones de la Información
ONU: Organización de las Naciones Unidas
ORNIFOR: Office Rwandais d'Information
PARMEHUTU: Party of the Hutu emancipation Movement
PCI: Peripheral Component Interconnect
PIB: Producto Interior Bruto
PM: Phase Modulation
PoE: Power over Ethernet
QAM: Quadrature Amplitude Modulation
QPSK: Quadrature Phase Shift Keying
RAM: Random Access Memory
RBA: Rwanda Broadcasting Agency
RDC: República Democrática del Congo
RDS: Radio Data System
RF: Radio Frecuencia

RICTA: Rwanda Information and Communication Technology Association
RINEX: Rwanda Internet Exchange
RITA: Rwanda Information and Technology Authority
ROE: Relación de Onda Estacionaria
RTL: Radio Télévision Libre des Mille Collines
RTTE: The Radio and Telecommunications Terminal Equipment
RURA: Rwanda Utilities Regulatory Authority
RWF: Franco Ruandés
Rx: Receptor
SAI: Sistema de Alimentación Ininterrumpida
SHF: Super High Frequency
SIM: Subscriber Identity Module
SLF: Super Low Frequency
SMA: SubMiniature version A
SSD: Solid State Drive
STL: Studio Transmisor Line
THF: Tremendously High Frequency
TIC: Tecnologías de la Información y la Comunicación
TLF: Tremendously Low Frequency
Tx: Transmisor
UHF: Ultra High Frequency
ULF: Ultra Low Frequency
UMH: Universidad Miguel Hernández
USB: Universal Serial Bus
UTP: Unshielded twisted pair
VA: Voltiamperio
VHF: Very High Frequency
VLF: Very Low Frequency
VSWR: Relación de Onda Estacionaria de Voltaje
WAV: Waveform Audio Format
XLR: eXternal Line Return

1. INTRODUCCIÓN

El diseño de lo siniestro en la serie televisiva *Dark*

La radio fue usada antaño como “medio del odio”¹: un medio que proporcionaba información de forma inmediata y que del mismo modo inculcó el mensaje de repudio a los tutsis. Este es el punto de vista mayoritario entre los analistas del genocidio, recogido en frases como las enunciadas por las periodistas Linda Melvern y Samantha Power. En concreto, la primera afirma que la radio “fue un arma propagandística como cualquier otra”, mientras que la segunda comenta que los asesinos en Ruanda “portaban un machete en una mano y un transistor en la otra”.



El ejemplo más notorio y que ha servido de inspiración para la nueva era radiofónica como algo a evitar es la RTLM (Radio Télévision Libre des Mille Collines). Fundada en 1993, ya desde el principio se situó en contra de las conversaciones de paz entre el presidente Habyarimana y el Frente Patriótico Ruandés. Con una estrategia clara, aumentó su audiencia retransmitiendo música moderna y consiguiendo un gran arraigo entre la gente joven. Así, comenzó a meter “píldoras de odio” racial usando música congoleña y programas racistas de humor u opinión.

En las semanas previas al genocidio, la emisora intensificó su propaganda anti-tutsi i pro-hutu, utilizando un lenguaje realmente deshumanizador y movilizándolo a la población civil. Además, se dieron instrucciones específicas para llevar a cabo las matanzas.

¹ *Rwanda and RTLM Radio Media Effects*. Scott Straus, Department of Political Science (University of Wisconsin, Madison).

Actualmente, el panorama radiofónico en el país africano ha cambiado enormemente. A pesar de las rencillas todavía existentes entre ciertas comunidades que se mencionan al principio y que son temas recurrentes en las emisoras, este medio de comunicación se utiliza para otros fines e, incluso, algunos programas promueven el contraste de testimonios para intentar crear una cierta tolerancia entre hutus y tutsis. También, en consonancia con los objetivos de la Visión 2020 y en vistas de modernizar el país y convertirlo en la primera potencia africana, el acceso a la electricidad se incrementa en las comunidades, y se extrapola a la utilización de transistores y aparatos radiofónicos. Así, el medio se convierte en una herramienta realmente eficiente y eficaz para otorgar a la ciudadanía una cierta independencia y autosuficiencia: se multiplican los programas que dan consejos sobre técnicas agrícolas y ganaderas (sector mayoritario en Ruanda), enseñanzas sobre idiomas, educación sexual o salud y, cómo no, entretenimiento.

1.1 Motivaciones

La puesta en marcha de una radio escolar en el instituto público y mixto ESSA Ruhengeri, en la ciudad ruandesa de Musanze, pretende fomentar la participación del estudiantado en la comunidad, crear espacios de debate y que adquieran ciertas aptitudes comunicativas.

Dentro de un ambiente escolar, la iniciativa de la comunicación alternativa (es decir, este proyecto de radio) tiene muchas posibilidades porque el alumnado aprende la realidad de los medios de comunicación y adquieren una cierta capacidad de análisis. A su vez, estimula enormemente la socialización, algo muy necesario e importante para un país como Ruanda en el que ha existido tanto odio entre sus habitantes.

Otra de las motivaciones que impulsa esta iniciativa es la inspiración en el modelo de radio comunitaria para el proyecto. El llamado “tercer sector comunicativo” (siendo el primero el correspondiente a los medios públicos y el segundo a los privados) se compone de los medios de comunicación comunitarios. Estos no tienen ánimo de lucro, y su finalidad principal es fomentar el desarrollo de la comunidad a la que pertenecen. Por tanto, este es el camino que siguen las radios comunitarias: defienden la democracia y el respeto a las diversas opiniones, trabajan para solucionar los problemas sociales de su

entorno y desarrollar su educación, cultura, ciencia o deporte y, además de difundir conocimientos útiles para el colectivo, también hablan de las actividades que se llevan a cabo. A diferencia de las radios piratas (radios de transmisión irregular), las radios comunitarias no tienen ánimo de lucro porque el beneficio que persiguen no es el propio, sino el de la comunidad. Aún así, algunas se valen de patrocinios para su mantenimiento, pero suelen ser de pequeños comercios de la zona. La importancia de este modelo de medio de comunicación en África es económica y cultural, ya que en prácticamente todas las personas en las zonas rurales disponen de transistores. Es el medio de comunicación más asequible (en estas zonas, Internet y prensa no son soportes demasiado viables) y, a nivel cultural, la oralidad conserva en África un gran valor, promoviendo además la escucha en grupo de lo que se difunde en las ondas.

1.2 Objetivos

Los objetivos principales se basan en que; teniendo en cuenta la realidad de la radio en Ruanda y adoptando como modelos algunos proyectos de gran repercusión que difunden un determinado tipo de contenido (es decir, las radios escolares y universitarias como ayuda a la formación y al desarrollo intelectual y social del estudiantado; y las radios comunitarias como punto de encuentro de la sociedad); se desarrolle Radio ESSA UMH, analizando además los aciertos y dificultades en su proceso formativo y técnico.

1.3 Metodología

En primer lugar, se procede a una revisión bibliográfica tanto del contexto radiofónico en Ruanda como de los modelos exitosos que inspiran el proyecto; siendo estos Radio Salus como radio universitaria y Radio Energy como medio comunitario. Fuera del país, Radio UMH sirve también como guía debido a su gran influencia en las radios universitarias de España y, al fin y al cabo, la conexión que mantiene con este proyecto.

Después, se realizan entrevistas a expertos, siendo estos:

- a) Eugene Hagabimana y Paul Mbaraga como directores de Radio Salus.
- b) Raphael Nkaka y Faustin Mutwarasibo como decanos de la Escuela de Periodismo y Comunicación.
- c) Personal de la Escuela de Periodismo y Comunicación de la Universidad de Ruanda.

d) Patrick Uwineza como director de Radio Energy (radio comunitaria).

Finalmente, también se entrevistará a determinados participantes de los proyectos citados.

Las respuestas a estas consultas se centran, en un inicio, en valorar el consumo de información en Ruanda, qué percepción existe de la profesión periodística y cuáles son los contenidos que más consumen los participantes (siete profesores, cuatro estudiantes y un periodista). Todo ello desemboca en una autoevaluación de la metodología, en la que se evalúa el curso académico y se contemplan diferentes propuestas en cuanto al desarrollo del proyecto para darle forma (esta vez, con siete estudiantes). También es importante la observación participante en todo este proceso.

1.3.1 Fases del proyecto

1. Profunda revisión bibliográfica para elaborar los cuestionarios a los expertos y las encuestas a los demás participantes, además de utilizarla para realizar una observación participante durante la estancia del grupo de voluntarios en el país para visitar las cuatro radios comunitarias. Esta visita, a su vez, permitirá conocer en profundidad el medio en el contexto y poder aplicar los conocimientos adquiridos a la creación de Radio ESSA UMH.
2. Durante la estancia que tuvo lugar en el verano de 2019, realizar los cuestionarios a los responsables de las cuatro radios comunitarias de Ruanda, conocer sus instalaciones y el personal que trabaja en ellas. Así, se podrán estudiar las dinámicas de cada una y el tipo de contenido; qué inspira la programación, y cómo se consigue que los oyentes generen ese sentimiento de pertenencia a la radio, además de cómo ésta les beneficia de algún modo.
3. A la hora de adoptar una función más práctica, se imparte primeramente formación radiofónica tanto a estudiantes como a profesores del instituto público ESSA Ruhengeri, institución en la que se implementará el medio. Por lo que respecta al temario, es muy similar a los contenidos que se transmiten al alumnado del Grado en Periodismo de las diferentes universidades españolas; incidiendo en aspectos como la redacción radiofónica, la locución o la historia del medio, tanto a nivel mundial como en África e, incluso, en el propio país.

4. Puesta en marcha, junto a un equipo directivo y un periodista local que coordina el proyecto de forma remunerada, de un estudio con programación de tipo educativo. Que esto sea posible, a su vez, es gracias a tres pilares determinados, que se desarrollarán brevemente a continuación:

En primer lugar, la colaboración profundamente estrecha que mantiene la doctoranda Lis Gaibar, autora de la tesis “Educomunicación en Ruanda: la radio como medio para el desarrollo”, con la Cátedra Sede UMH en Ruanda. Dicha cátedra tiene a algunos de sus miembros residiendo en el país para poder llevar a cabo estancias de investigación y diferentes proyectos, tanto en el ámbito sociosanitario como periodístico.

También, cabe destacar que también existen vínculos entre la institución y la Escuela de Periodismo y Comunicación de la Universidad de Ruanda. Se añade que existen conversaciones y correspondencia asidua con el decano de la facultad africana. Gracias a esto, se puede conocer de primera mano cómo se forma a los futuros comunicadores, cómo funciona Radio Salus y el aprendizaje a través de esta radio universitaria y cómo se lleva a cabo la consumición de información y medios de comunicación en Ruanda.

Finalmente, que todo funcionara de manera óptima ha sido posible gracias a la colaboración de diversas partes. Primeramente, la ya mencionada Cátedra Sede UMH en Ruanda que, a través de sus directores, Mariano Pérez Arroyo y Juan José Ballesta, aportaron consejos de gran utilidad gracias al conocimiento del terreno y, a su vez, concertando entrevistas previas. Asimismo, Radio UMH constituye otra pieza clave a través del técnico Borja Cabrera, debido a que recomendaron y cedieron material idóneo, asesoraron sobre cuestiones técnicas en lo que se refería a la implementación de la radio y realizaron el diseño inicial, que se explica a lo largo de este proyecto y se detalla en el punto 5 de la investigación. En último lugar, pero no por ello menos importante, la dirección de la institución educativa ruandesa se mostró muy colaborativa, y también se pudo contar con un prestigioso periodista local que se torna fuente fundamental por su experiencia en el contexto mediático del país (diferente al que se experimenta en España) y por su ayuda a la hora de visitar las instalaciones de una de las radios privadas del país.

1.3.2 Cronograma

La idea de esta radio escolar se presenta al director del centro educativo durante una estancia de investigación, por parte de la doctoranda Lis Gaibar, en febrero de 2019, en

la que se tuvo el conocimiento de la existencia de un Club Media en el ESSA Ruhengeri con 60 estudiantes que llevan adelante un periódico mensual escolar de tipo divulgativo. Además, se valoró la posibilidad de instaurar una estación radiofónica en base a las instalaciones y el equipo técnico disponible. Pero antes de nada, se propone formación radiofónica en primera instancia práctica, impartida por periodistas y comunicadores audiovisuales y dividiéndose uno en cada mes de voluntariado. Queda de esta manera:

- TEMA 1: La radio y el lenguaje radiofónico, mes de julio. Definición de los contenidos que interesan a los estudiantes y el consumo que realizan del medio. Nociones sobre lenguaje radiofónico, locución e historia de la radio.
- TEMA 2: Estructura de la información radiofónica, mes de julio. Escribir para radio.
- TEMA 3: Nociones técnicas básicas, mes de agosto. Utilización de una mesa de sonido y del programa de grabación/edición Audacity y emisión con ZaraRadio.
- TEMA 4: Los informativos en radio, mes de agosto. Partes del informativo y elaboración del mismo. Obtención y edición de cortes de voz.
 - NOTA: Hay que tener en cuenta que es mes de vacaciones y no todos los días se podrá trabajar con el alumnado, así que la formación sobre este aspecto también se impartirá en septiembre.
- TEMA 5: edición de noticias e informativos, meses de agosto y septiembre. Nociones para la utilización de audacity.
- TEMA 6: Géneros radiofónicos, mes de septiembre. Entrevista, reportaje, crónica, improvisación en radio y programas contenedores sobre aquellos contenidos que interesen al alumnado.
- TEMA 7: Continuidad de la radio escolar, mes de septiembre. Cuestionarios para conocer la opinión de los participantes sobre el curso y el aprendizaje adquirido, qué han considerado más interesante y resolución de dudas.

Todo el contenido del cronograma se adaptará a las necesidades del colegio, la cantidad de personas interesadas, las vacaciones y el tipo de comunicadores que participen en el proyecto. A su vez, con el fin de transmitir todas las nociones y conocimientos, los voluntarios realizarán un manual durante el desarrollo de la formación.

Además de las metas que se irán logrando a lo largo de la investigación, cabe destacar que uno de los objetivos principales es implementar este tipo de radio educomunicativa basándose en modelos de radios comunitarias y procedentes de otras instituciones educativas, por lo que surge la necesidad de desarrollar la parte práctica para poder llevar a cabo el proyecto. Las explicaciones detalladas a continuación servirán para obtener las directrices que permitan llevar a cabo la instalación del equipo, especificación del material y consecución del mismo y, sobre todo, información acerca de su funcionamiento.



2. ESTADO DEL ARTE

2.1 Historia de Ruanda

El nombre oficial de Ruanda es “República de Ruanda”, y es un país sin salida al mar ubicado en África Oriental. Es limítrofe con Uganda, Burundi, la República Democrática del Congo y Tanzania. Se conoce como las “nieblas de África” por su fauna salvaje, destacando sus gorilas de montaña, objeto de estudio de la reconocida zoóloga Dian Fossey; y, también, como “Tierra de las mil colinas”, por su terreno fértil y montañoso. Su extensión es la misma que la de Galicia.

Es un país de rentas bajas, pero en la última década está consiguiendo una de las tasas de crecimiento más altas del continente. La mayoría de la población trabaja en el sector agrario, pero se incrementa la producción mineral y procesamiento de productos agrícolas. El turismo supone la principal fuente de ingresos del país, y destaca que la exportación de café y té, desde 2008, ha sido sobrepasada por la minería.

Es curioso que, aunque aún hoy es conocido por el sangriento genocidio acontecido en 1994, dos décadas más tarde Ruanda es el país más seguro del continente y, según el informe Gallup² de 2015, el quinto a nivel mundial. Además, destaca que ha desarrollado algunas de las políticas más favorables del mundo para las mujeres; proporcionándoles puestos en el Parlamento o el Tribunal Supremo.

Lo que hoy constituye la República de Ruanda fue habitado por el pueblo pigmeo de los Twa (y, además, los habitantes más antiguos que se han registrado en África Central). Cuando los hutus, de origen bantú, llegaron a la región, dominaron a los Twa y redujeron su población. En el siglo XVI, el pueblo ganadero watutsi (los conocidos como tutsi) llega desde el cuerno africano (la actual Etiopía) y subyuga al pueblo hutu, estableciendo un sistema feudal que lidera el rey (el “mwami”) y la nobleza. Los hutus establecen contratos

² Gallup, Inc. (2019, 30 diciembre). *2015 Global Law and Order Report*. Gallup.Com. <http://www.gallup.com/services/185807/gallup-global-law-order-2015-report.aspx>

de servicios por generaciones a cambio de usar las tierras y los ganados de los señores feudales.

La presencia europea fue muy notoria y se podría decir que determinante para Ruanda. El primer europeo en llegar fue el conde alemán Von Goetzen en 1894, acompañado de los misioneros cristianos denominados “padres blancos”. En 1899, el “mwami” de ese momento se somete a los alemanes, sin oponer resistencia. Hay que decir que se produjo cierto desarrollo urbano en este territorio.

Tras la Primera Guerra Mundial, la Sociedad de las Naciones le concede el territorio formado entonces por Ruanda y Urundi (hoy independientes) a Bélgica y, después de la Segunda Guerra Mundial, la zona acaba siendo controlada por las Naciones Unidas, encargándose una administración belga y un rey en cada uno de los países.

Como se comenta al principio de esta parte, todo ello fue clave para la historia del país tras su independencia y durante el siglo XX, porque durante la dominación europea, los tutsis fueron favorecidos para tener una educación “a la europea”. Los belgas implementaron sus leyes a través de ellos, y así, la tribu ganó posiciones administrativas y militares. En 1962, Bélgica introdujo un sistema de tarjetas de identificación según la raza.

A mitad de la década de los 50, los belgas comienzan a abogar por movimientos más democráticos, algo que no era muy bien visto por los tutsis por un posible miedo a perder sus privilegios. Al final, los hutus empezaron a pedir mejoras para su comunidad, que a fin de cuentas es mayoritaria. Exterminados sus líderes, en 1959 la tribu hutu perpetró una masacre que, más adelante, les ubicaría en el poder. En esa contienda por la emancipación, se estima que fueron asesinados unos 100.000 tutsis, y más de 150.000 huyeron.

En 1961, los hutu ganan las elecciones celebradas y supervisadas por la ONU, y en 1962 se les otorga la independencia (así como a Burundi).

El primer presidente ruandés, Grégoire Kayibanda, tuvo buenas relaciones con más de cuarenta países. Sin embargo, no se libró de la corrupción y de sendas purgas a los tutsis. Empezando la década de los setenta, tras una matanza de hutus en Burundi, el presidente es apartado del poder por los militares liderados por Juvénal Habyarimana. Éste disolvió tanto la Asamblea Nacional como el PARMEHUTU, el movimiento de liberación

nacional encargado de la masacre de 1959. Tras su toma de poder en 1973, Habyarimana acaba creando el “Movimiento Revolucionario Nacional para el Desarrollo”, con una nueva Constitución. Aunque se creó un sistema de cuotas raciales para los empleos, los hutus de la región de origen del presidente, el norte, tenían privilegios. En general, también se estableció una política de exclusión hacia los tutsis.

La Guerra Civil ruandesa fue la antesala al genocidio de 1994, un conflicto interno que enfrentó al Frente Patriótico Ruandés contra las fuerzas gubernamentales de Habyarimana. En 1990, Ruanda es invadido por guerrilleros tutsis provenientes de Uganda. El ejército ruandés fue apoyado por los franceses y congoleños, pero los tutsis resistieron y el conflicto se alargó.

En 1992 se logró un alto el fuego que se firmó en Arusha. Sin embargo, el gobierno de Habyarimana había creado las milicias “Interhamwe”, preparadas para una nueva masacre de tutsis dos años después.

2.1.1 Genocidio

El genocidio de Ruanda o también llamado “Genocidio Tutsi” fue un intento de exterminio de la población perteneciente a la tribu tutsi por parte de los hutus. Tuvo lugar entre abril y julio de 1994, y se asesinó aproximadamente al 70% de los tutsis de forma planificada, sistemática y metódica.

El evento que, supuestamente, da inicio al genocidio; es el asesinato del presidente Habyarimana el 6 de abril de 1994. Sin embargo, como se ha podido ver en la historia de Ruanda, hay un conflicto más profundo originado en la época colonial, con la instauración del sistema de tarjetas de identificación racial por parte de los belgas en 1926. El otorgar a la tribu tutsi una serie de privilegios empezó a ocasionar esas tensiones.

Aunque antes no se abordó esta cuestión, cabe destacar que a los tutsis (que suponían el 14% de la población), les fue otorgada una mayor posición por una mera cuestión de apariencia física. Los belgas sostenían que eran “más parecidos a los europeos”, y por ello les otorgaron mejores empleos. Los hutus, mayoría en Ruanda, se encargaron de tareas mucho menos cotizadas.

En 1962, Ruanda declara su independencia y, como es sabido, la etnia hutu toma el control político del país. Tras la llegada al poder de Habyarimana, las tensiones intertribales siguen acrecentándose. En un primer momento, el Frente Patriótico Ruandés (formado por tutsis) firma un acuerdo de paz con los hutus, pero Habyarimana (alentado por sus aliados, hutus extremistas de la Coalición para la defensa de la República) no acepta los términos de la tribu rival.

2.1.1.1 Cronología del genocidio



Figura 2.1 - Cronología del genocidio en Ruanda. (Fuente: France24.com)

El 6 de abril de 1994, un atentado contra el avión en el que viajaba el presidente Habyarimana acaba con su vida. La nave fue impactada por un misil mientras aterrizaba en Kigali. Esa misma noche, comienzan las primeras muertes. Al día siguiente, la primera ministra Agathe Uwilingiyimana y diez soldados belgas que la protegían son asesinados.

Los extremistas hutus tomaron esto como motivo para llevar su ofensiva contra los tutsis y quienes les protegían mucho más allá.

El 9 de abril de 1994 se produce la “masacre de Gikondo”, un asesinato masivo de unos 110 tutsis que se refugiaban en una iglesia polaca de la misión de los Pal·lotins en Gikondo, Kigali. La matanza fue llevada a cabo por la milicia Interahamwe³. De igual modo, el 18 de abril de 1994 acontece la “masacre de Kibuye”, en la que fueron asesinados 12.000 tutsis en el estadio de Gatwaro, al que acudieron para refugiarse. Actuaron con contundencia, de nuevo, los milicianos de la Interahamwe, respaldados por la Gendarmería Nacional y diversos policías.



Figura 2.2 - Estadio de Gatwaro, Ruanda. (Fuente: [Fédération de Football du Burundi](#))

El 21 de abril de 1994, tras la muerte de los “cascos azules” belgas, el Consejo de Seguridad de la ONU retira a sus tropas, reduciendo sus efectivos en el país de 2500 a 250. Este es uno de los hechos que más controversia y cuestionamiento provoca hacia la actuación de la comunidad internacional. Entre el 28 y el 30 de abril de 1994, decenas de miles de refugiados (mayoritariamente hutus por temor al avance del Frente Patriótico

³ Colaboradores de Wikipedia. (2020, 23 julio). *Interahamwe*. Wikipedia, la enciclopedia libre. <https://es.wikipedia.org/wiki/Interahamwe>

Ruandés) comienzan a huir hacia países vecinos como Tanzania o Burundi. Hubo una gran confusión porque se pensaba que estas personas eran víctimas, y no verdugos.

Entre el 17 y el 30 de junio de 1994, los tutsis que vivían en las colinas de Bisesero, al noroeste del país, se refugian en ellas y consiguen aguantar ante sus vecinos hutus. Después de resistir durante varios días, llegan refuerzos del régimen de Kigali y milicias.

El 22 de junio de 1994, el Consejo de Seguridad de la ONU adopta una resolución para activar la llamada “Operación Turquesa”⁴, operación militar-humanitaria lanzada por París bajo el mandato de Naciones Unidas. Muy criticada y catalogada como “tardía”, se proponía establecer y mantener una zona de protección humanitaria, con más de 2.000 soldados.

El 4 de julio, el Frente Patriótico Ruandés derrota a las tropas gubernamentales en Kigali, y acaba haciéndose con el control del resto del país hasta que acaban con el genocidio. Durante esta contienda mueren miles de personas, y otros miles de refugiados se desplazan a Zaire (hoy República del Congo). Finalmente, el 19 de julio se inviste un gobierno de unidad nacional liderado por el presidente hutu Bizimungu, en el que Paul Kagame (fundador del Frente Patriótico Ruandés y actual presidente de Ruanda) ocupa el cargo de vicepresidente.

2.1.2 La Radio de las Mil Colinas

La Radio Televisión Libre de las Mil Colinas (o RTLM por su nombre en francés, Radio Télévision Libre des Mille Collines) fue una emisora de radio ruandesa cuya transmisión duró del 8 de julio de 1993 al 31 de julio de 1994. Constituye el mayor ejemplo de cómo los medios de comunicación jugaron un rol crucial durante el genocidio de 1994.

⁴ R. (2019, 6 abril). *Los diez momentos cruciales del genocidio de Ruanda*. La Vanguardia. <https://www.lavanguardia.com/internacional/20190406/461477657713/los-diez-momentos-cruciales-del-genocidio-de-ruanda.html>



Figura 2.3 - Oficina desde la que emitía RTLM durante el genocidio. (Fuente: [Kigali Wire/Flickr](#))

Su nombre proviene de la expresión francesa que se utiliza para describir a Ruanda: “el país de las mil colinas”. La emisora controlada por el gobierno, Radio Rwanda, prestó todo el apoyo para su fundación y, en un principio, incluso permitió la transmisión desde sus equipos. Comenzó a emitir propaganda en contra de tutsis, hutus moderados y la MINUAR, la Misión de las Naciones Unidas en Ruanda. Es indudable que la RTLM está estrechamente relacionada con la atmósfera de racismo y odio que desembocó en genocidio.

La Radio Televisión Libre de las Mil Colinas se fundó en 1993 y, desde el primer momento, se muestra en contra de los intentos por instaurar la paz que se llevaron a cabo a través de los encuentros entre el presidente Habyarimana y el Frente Patriótico Ruandés. Una de las estrategias utilizadas por la RTLM para acercarse a los jóvenes y poder añadir más adeptos a su “causa” fue la emisión de música moderna y programas de humor-opinión con connotaciones racistas. También llamaba la atención su formato desestructurado, muy parecido al empleado por los medios de comunicación propagandísticos de cualquier régimen de la época. En la parrilla, una emisión normal y corriente; es decir, en la que se podía escuchar esa música que ayudó a la RTLM a popularizarse, se complementa con música popular, discursos gubernamentales, debates y actualizaciones de las ofensivas y los combates. Una de las locutoras estrella de la emisora, Valérie Bemeriki, afirma en una entrevista para eldiario.es que la RTLM surgió

con el objetivo de “implementar la idea del genocidio”. Y añade: “todas nuestras intervenciones en antena eran discursos de odio en los que decíamos que los tutsis no eran ruandeses, sino nuestros enemigos.

El 6 de abril de 1998, el presidente es asesinado en un accidente de avión, y en ese momento según el imaginario popular es cuando dan comienzo las masacres. La emisora ruandesa no se quedó atrás, y a través de las ondas hizo un llamamiento a la población para exterminar a los tutsis de manera definitiva.

Según la información proporcionada por Human Rights Watch, solo el 21% de los hogares tenía receptor de radio en el país comenzando la década de los 90, y si se analizan las estrategias seguidas por la RTML para infundir odio en la población y contribuir a la materialización del genocidio, se llega a la conclusión (se podría decir que sin ninguna duda), de que la masacre hubiera sido de una magnitud mucho más elevada, prácticamente irreversible. Tanta fue la conexión entre el medio y las tropas que, con los militares presentes en el estudio, las locutoras difundían consignas de muerte y leían los listados de aquellos a los que consideraban cómplices del FPR para que los pertenecientes a grupos paramilitares, militares y los propios vecinos “fuesen a trabajar”. Esto, por otro lado, era un sinónimo de “matar” utilizado para animar a los hutus a asesinar a todos los tutsis que encontraban.

Todos estos hechos trajeron sus consecuencias, ya que el Tribunal Penal Internacional para Ruanda inició acciones legales contra la radio y la Revista Kangura, otro medio de comunicación que incitó a la masacre del mismo modo. En 2003, se solicitaron cadenas perpetuas contra los líderes de la emisora por genocidio, incitación al genocidio y crímenes contra la humanidad, siendo sentenciados en diciembre de ese mismo año.

La historia de esta radio tampoco puede entenderse sin mencionar a su fundador, ya que además fue detenido en Francia en mayo del año 2020. Felicien Kabuga, quien vivía en París con una identidad falsa hasta el momento de su arresto, fue requerido por los tribunales internacionales debido a crímenes de lesa humanidad. Se le acusó de ser el principal financiador de los Hutus. Cabe destacar que pasó más de 25 años huyendo de la Justicia, llegando incluso a ser objetivo del gobierno de Estados Unidos.

El papel de Kabuga en el genocidio fue clave por varios aspectos. En primer lugar, financió a las Interahamwe, los grupos paramilitares que cometieron los asesinatos masivos de los tutsis. Por otro lado, y como se ha comentado anteriormente, la iniciativa de la Radio Mil Colinas, servicio informativo público que ofrecía instrucciones a los perpetradores de las masacres, se encontraba a su cargo.

Como conclusión, se afirma que RTLTM no era una estación de radio ordinaria, sino un auténtico instrumento utilizado por los Hutus para instigar el asesinato masivo de Tutsis. Por tanto, no se puede hablar de una utilización electoral o partidista (aunque sí política), sino de la incitación al odio a través del lenguaje más violento.

Realizó dos funciones variadas en diversos momentos de su recorrido, teniendo en sus inicios un carácter más “informal”. Hasta que comenzó la masacre, difundió de manera “divertida” y sutil la propaganda anti-tutsi entre sus oyentes, lo que pudo servir para banalizar los contenidos y que nadie pudiera dar la voz de alarma por el discurso que se estaba gestando. Sin embargo, una vez comenzado el genocidio, la retransmisión cambió totalmente su carácter. Eran comunes los detalles específicos sobre las víctimas, incluyendo descripciones físicas y números de placa de sus automóviles.

El genocidio de Ruanda fue único y es poco probable que se repita de la misma manera en cualquier otra parte del mundo. Pero si hay que quedarse con algo en esta investigación, para poder realizar la hoja de ruta hacia un futuro distinto para este país es del poder que obtuvo la estación de radio mencionada. En 1989, el gobierno ruandés inició recelosamente la democratización del lugar, bajo presiones de la comunidad internacional. Y una de las reformas institucionales que no realizó fue la que se refería al sistema de radio y televisión. Por esta razón, no había medios públicos que pudieran reflejar las diferentes opiniones y una diversidad determinada, operando solamente la estación pro-Hutu de Radio Ruanda.

No tuvo lugar el proceso de transparencia que se necesita para autorizar estaciones privadas más allá de la RTLTM, pero esta también efectuando una gran propaganda a favor del genocidio. No quiere decir que reformar los sistemas de radio y televisión hubiera detenido la masacre, pero puede que la existencia de diferentes puntos de vista hubiera ayudado a neutralizar el efecto de estas emisoras, incitadores de odio. Esta es la lección más importante que se ha de extraer para una transformación duradera de los medios de

comunicación ruandeses: abogar por la diversidad que, por otro lado, ayuda a la ciudadanía a ser independiente y; a las comunidades, a romper barreras, estereotipos y prejuicios para poder colaborar entre ellas.

2.1.3 Emisoras de radio

En la actualidad, la radio se utiliza para complementar a otros medios de comunicación que prestan servicios en los dos idiomas principales del país (inglés y kinyarwanda), porque debido al crecimiento económico, se busca invertir en otras plataformas como la televisión. Aún así, la radio sigue gozando de una gran popularidad y con muchas posibilidades de convertirse en un instrumento que fomente la independencia y autosuficiencia de las comunidades, así como que permita la proyección internacional del país.

Se dice que esto es, en gran parte, por la falta de financiación en la instalación de antenas privadas, y la mayoría de emisoras locales están obligadas a alquilar el espacio de las antenas que ya hay, pertenecientes a Radio Ruanda. Hay que añadir, además, el coste de los transmisores en las antenas ya existentes y el alquiler del espacio. Pero por muy elevados que sean estos costes, siguen siendo gastos necesarios para que muchas estaciones sigan en activo.

El director de KT Radio, Prosper Bitebeka, reitera la importancia de este medio para los ruandeses, alegando que la cobertura escasa no quiere decir que haya poca audiencia sino, más bien, que ese alcance reducido influye en las perspectivas publicitarias. Las empresas que mantienen a las estaciones buscan más transmisores para continuar ese modelo de negocio. Bitebeka afirmó que, en 2017, KT Radio tendría dos transmisores más en Karongi, pudiendo así dar servicio a una parte de la provincia occidental y a la República Democrática del Congo (RDC), próxima al país. Se suman los transmisores ubicados en Huye, para la provincia del sur y para Burundi; y el de Nyarupfubire, en Nyagatare, para la provincia del Este, algunas partes de Uganda y Tanzania.

La cobertura no implica audiencia de forma automática, pero los responsables de la radio afirman que influye en el número de anunciantes, algo que afecta al negocio radiofónico a la hora de elegir en función del alcance y la audiencia. La mayoría de las audiencias se

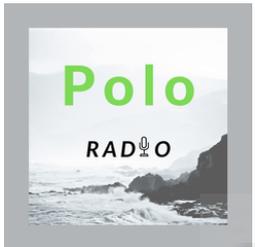
miden a través de los comentarios de las llamadas entrantes y las reacciones en las redes a sus contenidos.

El mayor número de emisoras de radio se concentra en la ciudad de Kigali, según las nuevas estadísticas publicadas por la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos de Ruanda (RURA). Cabe decir que esto preocupa a la Asociación de Periodistas de Ruanda (ARJ), pese a que los resultados de las investigaciones que se llevan a cabo sean buenos para que las empresas de radio locales puedan medir su posición y tener una imagen algo más clara del alcance técnico. El secretario general de la ARJ, Gonza Muganwa, afirma que buscan que los medios de comunicación lleguen a todas las comunidades, siendo necesario movilizar los recursos a nivel nacional para ello. La radio, desde la perspectiva de los ruandeses, es la forma “más barata, importante y fácil” de ayudar a la población rural a tener información. Sin embargo, no es accesible para todos ellos por la lejanía de las torres habituales, situación en la que se incide que hay que seguir trabajando para que la radio continúe siendo vanguardia para llegar al público en general.

Logo	Nombre	Ciudad	Géneros	Dial
	RBA Radio Rwanda	Jari (Kigali)	News, Public, Talk	100.7 FM
		Rebero		104.7 FM
		Huye		103.9 FM
		Karisimbi		88.0 FM
		Rushaki		90.1 FM
		Gitwe		92.4 FM
		Kinanira		92.9 FM
		Nyarupfubire		93.5 FM
		Rubona		94.6 FM
		Mugogo (Ruhengeri)		95.1 FM
		Karongi		97.6 FM
		Nyabitimbo		100.4 FM
		Rucamatako		101.1 FM
		Gatwaro		101.1 FM

		Byumba Gihundwe Rushaki Kiyanzi Kabuye		103.2 FM 105.7 FM 106.8 FM 99.3 FM 92.4 FM
	KISS FM	Jari (Kigali)	Pop Music	102.3 FM
	KT Radio	Jari (Kigali) Nyarupfubire Karongi Mugogo (Ruhengeri) Butare (Huye)	Talk, Noticias, Entretenimiento	96.7 FM 102.0 FM 103.3 FM 101.1 FM 107.9 FM
	Radio10	Jari (Kigali) Rubavu Nyarupfubire	Variety, Música Africana	87.6 FM 93.6 FM 99.0 FM
	RBA Magic FM	Jari (Kigali)	Pop Music, Public	90.7 FM
	Radio María Rwanda	Jari (Kigali) Byumba Huye Gihundwe (Rusizi) Karongi	Catholic, Christian Contemporary, Religious	97.3 FM 96.4 FM 88.6 FM 99.4 FM 99.8 FM

	Flash FM Rwanda	Jari (Kigali) Nyarupfubire Karongi	Variety	89.2 FM 90.4 FM 95.7 FM
	Isango Star	Jari (Kigali)	Ethnic, World Music	91.5 FM
	RBA Radio Nyagatare	Nyarupfubire	ND	95.5 FM
	RBA Radio Rubavu	Gisenyi (Rubona)	ND	95.1 FM
	RBA Radio Huye	Butare (Huye)	ND	100.4 FM
	Vision Radio	Kigali	Country, Culture, Variety	104.1 FM

	RBA Radio Inteko	Jari (Kigali)	ND	101.5 FM
	RBA Radio Musanze	Mugogo (Ruhengeri)	ND	98.4 FM
	Polo Radio	Kigali	Classic Rock, Pop Music	90.8 FM
	Nufashwa Yafasha Radio	Kigali	Rock, Radio Comunitaria	90.1 FM
	Contact FM	Jari (Kigali)	Talk, World Music	89.7 FM
	INYENYERI RADIO	Kigali	Blues World Music	ONLINE

	K-FM	Rebero	Hip Hop, R&B, Sports, Music	98.7 FM
	Radio Izuba	Kibungo (Ngoma)	Local News	100.0 FM
	Radio Isangano	Kibuye (Karongi)	ND	89.4 FM
	City Radio	Jari (Kigali)	ND	88.3 FM
	Intashyo Radio	ND	Top 40 Music	ONLINE
	Energy	Mugogo (Ruhengeri) Kigali Kibuye (Karongi)	Local Music and News, Public Radio	88.8 FM 90.3 FM 107.3 FM

	Radio 1 Rwanda	Jari (Kigali)	Pop, News, Talk	91.1 FM
	Royal FM	Jari (Kigali)	Pop, News, Talk	94.3 FM
	RBA Radio Rusizi	Nyabitimbo Gihunde Karongi	Entertaining, Culture, News	96.1 FM 89.8 FM 106.9 FM
	Radio Salus	Jari (Kigali) Huye	News, Educational, Entertainment	101.9 FM 97.0 FM
	Radio Huguka	Jari (Kigali)	ND	105.9 FM
	Authentic Radio	Jari (Kigali)	Christian, Gospel, Inspiration music	92.8 FM
	Voice of Africa	Jari (Kigali)	ND	94.7 FM

	Voice of Hope	Jari (Kigali)	Gospel	106.4 FM
	Voice Of America	Jari (Kigali)	Notices	104.3 FM
	Radio Umucyo	Jari (Kigali)	Christian, Gospel	102.8 FM
	Fine FM	Jari (Kigali)	Financial Education	93.1 FM
	ADEPR Radio	Jari (Kigali)	ND	96.0 FM
	Radio Ishingiro	Byumba	Society, Religion, News, Music...	107.5 FM
	BBC	Karongi Jari (Kigali) Huye	International and Local News	93.3 FM 93.9 FM 106.1 FM

	Conseil Protestant Radio	Jari (Kigali)	Christian Religion and Gospel Music	107.1 FM
	RFI Radio	Jari (Kigali)	News	91.9 FM
	SANA Radio	Jari (Kigali)	Christian, music, education and biblical radio	98.0 FM

Tabla 2.1 - Listado de emisoras de Radio en Ruanda. (Fuente: Elaboración propia a través de datos consultados en las webs: TuneIn, Mytuner-radio, Onlineradiobox y Rwanda Broadcasting Agency)

Radio Ruanda es la emisora pública más antigua y la que posee más relevancia, con un 98% de cobertura y 28 transmisores repartidos por todo el país, según el informe RURA del 26 de mayo de 2020. Radio María, la emisora de la Iglesia católica, cuenta con un 80% de cobertura y cinco transmisores. KT Radio ocupa el segundo puesto, empatado con Radio María; mientras que Radio Salus tiene un 65% con dos transmisores. A pesar de todas las emisoras mostradas anteriormente, se procederá a describir estas en la investigación por ser las de mayor relevancia.

2.1.4 Plan de evolución: “Visión 2020 Ruanda”

Ruanda vuelve a tener una gran relevancia a nivel internacional, al igual que en 1994; pero, en lugar de que los escándalos políticos sean la causa de este hecho, ahora es la intriga que causa su crecimiento económico. Bajo la dirección de Paul Kagame, el país ha sido capaz de mejorar una buena parte de sus indicadores macroeconómicos o liberalizar el mercado, entre otros aspectos.

El plan “Visión 2020”⁵ fue un programa de desarrollo diseñado por el Ministerio de Finanzas tras una consulta popular acerca del futuro de Ruanda y revisado por economistas y políticos de China, Singapur y Tailandia. Su objetivo principal: convertir a Ruanda en un nuevo centro financiero de África, imitando la fórmula para el crecimiento económico de los países anteriormente citados. Tiene 48 indicadores, estableciendo 3 objetivos principales: una estabilidad macroeconómica y la creación de riqueza para una menor necesidad de ayuda externa; la reducción de la dependencia del sector primario potenciando el sector servicios y la industria; y crear una clase media más productiva, incentivando de igual manera el emprendimiento.

Además, el documento tiene en cuenta cuatro grandes problemas a resolver en la economía ruandesa. En primer lugar, la baja productividad en la agricultura, a la que se dedica la mayor parte de la mano de obra del país y supone, como se dijo anteriormente, la base de la subsistencia. El segundo es la barrera al comercio que tiene por sus características demográficas, por ser un país sin acceso litoral. También es necesario tener en cuenta el escaso desarrollo humano debido a la elevada presencia de enfermedades como la malaria o el VIH. Y, finalmente, también existe un pobre desarrollo industrial, lo que ocasiona grandes problemas con respecto a la producción eléctrica. Cabe destacar que, con la cantidad que se producía, el país solo abastecía al 17.5% de la población, según el [informe](#)⁶ publicado por The Global Economy en 2017 “Rwanda: Access to electricity”.

2.1.4.1 Visión 2020: plan inicial

El programa fue revisado en 2012, y además de incluir nuevos indicadores (de 44 objetivos originales, se pasó a 48), se aumentó el objetivo de los que avanzaban más rápido o de forma óptima.

En una primera revisión, el Ministerio de Finanzas y Planificación Económica confirmó que ocho de esos 44 objetivos iniciales presentaban ciertas dificultades; concretamente, cuatro indicadores sobre población, dos sobre pobreza y dos sobre el medio ambiente.

⁵ Ministry Of Finance and Economy Planning. (2000). *Rwanda Vision 2020*. <https://repositories.lib.utexas.edu/bitstream/handle/2152/5071/4164.pdf>

⁶ The Global Economy (2017) ‘Rwanda : Access to electricity’, *The Global Economy*. Available at: www.theglobaleconomy.com/Rwanda/Access_to_electricity/.

Las causas de esta problemática, por lo que se pudo observar, son un insuficiente crecimiento económico y laboral, falta de alternativas sostenibles a recursos fósiles y escaso desarrollo agrícola.

Aun así, se ha logrado la consecución de muchos de los indicadores, algunos de los más importantes entre ellos. Por ejemplo, el crecimiento del PIB, con una media de crecimiento del 8.3% entre el 2000 y el 2010 (superando el planteamiento inicial del 8%). Para 2020, además, se incrementó según lo establecido. Otro de los indicadores logrados es el del objetivo de producción agrícola: 2.200 kcal diarias por persona, que llegaron a alcanzar las 2.385. Cabe añadir que Ruanda, como país con poca productividad agrícola como se explicó anteriormente, logra una mejora muy relevante. El acceso a sanidad mejorada también superó el objetivo del 60%, y la mortalidad infantil se redujo a las 50 personas por cada 1.000 habitantes, cuando antes eran 107. Otras metas logradas en el ámbito sanitario fueron, entre otras, la reducción de la mortalidad por malaria, el aumento del número de enfermeras por cada 100.000 personas y el incremento de la tasa de escolarización bruta.

Con los datos ofrecidos por el Banco Mundial⁷ sobre el país africano, se pueden extraer diversas conclusiones. De los indicadores económicos más relevantes, se puede observar cómo algunos de ellos todavía no han sido conseguidos, una de las razones por las que además se extiende el plan a 2050. Entre ellos, destaca el crecimiento medio del PIB, que no podrá alcanzar el crecimiento estipulado del 11.5%. Otro de los indicadores que no se consiguen mejorar es el de la balanza comercial, que no es positiva desde el año 1961. Las razones para ello son, por una parte, el escaso desarrollo de la zona y la baja productividad, así como los pocos combustibles fósiles que puede explotar. Finalmente, recordar su pobre capacidad de producción agrícola que, además, está sujeta a diversos inconvenientes, por lo que depende históricamente de las importaciones. Así, se busca aumentar el desarrollo industrial. De igual modo, más “fracasos” dentro de este primer programa son: la tasa de pobreza, la urbanización del país y el acceso a la electricidad, especialmente en las áreas rurales.

⁷ *Rwanda* | *Data*. (2021). Datos Banco Mundial. <https://datos.bancomundial.org/pais/rwanda>

Para solucionar los grandes problemas existentes con respecto a la tasa de mortalidad infantil y malnutrición, dentro del plan se contempla una financiación adicional de 23 millones de dólares que se quiere transferir a familias en situación de vulnerabilidad que se hallen expuestas a riesgo de malnutrición. También hay que destacar que la situación es bastante mejor que hace unos años en cuanto a los indicadores sociales.

Se han de poner en valor, dentro de los indicadores gubernamentales, la gran igualdad de género que existe. Ruanda es el país con más mujeres⁸ en el Parlamento (más de un 60%), y al comienzo del programa el porcentaje se situaba en un 25.7%. Por una parte, este hecho es bastante “lógico” debido a que después del genocidio de 1994, la mayor parte de la población que quedó era femenina, así que era posible que las mujeres gozasen de una mayor representatividad. Esto se extrapola al Senado, gabinetes, distritos y localidades. Y en el Parlamento, de las 80 plazas a asignar, 24 se reservan a cooperativas y grupos de mujeres.

En los indicadores gubernamentales también aparece la erradicación de la corrupción como objetivo, pero hay que decir que es una de las metas más complicadas. Ruanda es un estado autoritario dirigido por Paul Kagame, del Frente Patriótico Ruandés. Lleva casi 20 años en el poder, pero ha tenido muchas denuncias a causa de supuestas violaciones de derechos humanos y libertad de expresión. Desde la perspectiva del presidente es totalmente distinto, ya que todas las medidas que emplea se usan para “reducir” las diferencias entre la población y “erradicar la violencia”; así, Ruanda tiene la tasa de encarcelación más alta del continente, según el análisis del Statista Research Department del 2019. Este control por parte de Kagame ha logrado impulsar la economía del país, pero dadas las circunstancias, se sostiene que se crea desde empresas estatales y un importante sesgo. Las principales empleadoras del país han sido acusadas de ser cercanas al FPR; así como las constructoras más relevantes, de mantener relaciones tanto con el partido como con el Ministerio de Defensa. Pese a que Kagame intenta negar todo esto, lo que sí es cierto es que el modelo que promueve esta visión no podría funcionar si no se ejerciera este gran control y, sobre todo, si existiese una oposición firme (algo que en Ruanda no pasa, pero sí en zonas como Zimbabue).

⁸ Powley, E. (2005) ‘Rwanda: Women hold up half the parliament’, *Women in Parliament: Beyond Numbers*.

Finalmente, otro indicador de gran importancia es la dependencia de ayuda humanitaria, que ayuda bastante a completar la percepción de la situación del país. Según datos del Banco Mundial, entidad mencionada anteriormente, el 71,9% del gasto estatal provenía de ayuda humanitaria en el año 2017. El problema es que sería imposible eliminar esto sin que perjudicara a la economía ruandesa: sus ciudadanos no tienen capacidad para mantener el gasto gubernamental, y también es importante tener en cuenta que existe un gran problema de economía sumergida: según datos del Danish Trade Union Council for International Development Cooperation, en 2012 se confirmó que el 73,4% del empleo no agrícola es “informal”, con un preocupante 80% de mujeres en él.

2.1.4.2 Conclusiones y “Visión 2050”

A pesar de que Ruanda puede considerarse ejemplo de crecimiento y modernización, así como de intento por construir una nueva sociedad después de un pasado realmente violento, lo que hay que analizar es en qué se ha sustentado ese cambio. El país tiene un gobierno controlado por un único partido y, como se ha explicado, las principales empresas que participan e incentivan dicha evolución socioeconómica mantienen relaciones estrechas con los gobernantes. Este hecho es peligroso, porque cuanto más crecimiento haya, más se fortalecerá el poder, y más capacidad tendrá para hacer y deshacer según su criterio.

Muchos de los indicadores que no han mejorado originan el alargamiento en 30 años del Plan, por lo que habrá que visualizar con cautela qué sucederá en el futuro. Lógicamente, si el Plan no se ha podido cumplir en el periodo establecido, habrá que utilizar unos cuantos años más para reestructurar los objetivos según los fallos y, sobre todo, las posibilidades. Sin embargo, a no ser que exista la posibilidad de que haya algún tipo de intervencionismo por parte de organismos internacionales para “controlar” al gobierno de Ruanda (es decir, que cumpla los objetivos sin ningún tipo de sesgo o corrupción), estos 30 años podrían aumentar peligrosamente el poder del FPR.

2.2 Organismos de referencia

2.2.1 La RURA

La Rwanda Utilities Regulatory Authority, más conocida por su acrónimo RURA⁹, es la autoridad reguladora de servicios públicos de Ruanda. Creada por la Ley n°39/2001 del 13 de septiembre de 2001, se encarga de organizar los servicios públicos clave del país, entre los que se encuentran la electricidad, el agua y saneamiento, la eliminación de desechos en residencias o comercios, instalación y almacenamiento de energías renovables y no renovables, extracción y distribución del gas, transporte de personas y mercancías y Servicio Postal, entre otros. La RURA tiene personalidad jurídica y autonomía, tanto financiera como administrativa. Desempeña un papel fundamental entre los responsables políticos, los proveedores de servicios autorizados y los consumidores. Depende de la Oficina del Primer Ministro, coordinándose con los ministerios responsables de cada sector regulado en la ejecución de sus funciones.

Dada su tarea reguladora, la misión de la RURA se centra, en líneas generales, en proteger los intereses de operadores y consumidores y promover la asequibilidad de los servicios regulados para todos los consumidores, incluidos los de bajos ingresos. Es la filosofía adoptada por el país de cara al futuro: crecimiento económico y social de su población a través de la accesibilidad a los recursos y la competencia leal en todos los sectores. Además, establece como valores (entre otros), la independencia, la sostenibilidad y la innovación: esenciales en el proyecto radiofónico que se quiere llevar a cabo. De hecho, la RURA también coordina el ámbito de las telecomunicaciones ruandesas: tecnología de la información, Internet y tecnologías audiovisuales, así como la radiodifusión.

Las tecnologías de la información y la comunicación suponen el motor para acelerar el desarrollo económico, la prosperidad nacional y la competitividad mundial. Constituye uno de los tres componentes de la llamada “visión” de la RURA, junto a la global y la llamada “Visión 2020”.

⁹ *Rwanda Utilities Regulatory Authority (RURA)*. (2001). devex.com. <https://www.devex.com/organizations/rwanda-utilities-regulatory-authority-rura-139614>

Dentro del sector de las TIC¹⁰, la organización se encarga de conceder licencias, supervisar y hacer cumplir las obligaciones de las mismas, gestionar los recursos, asesorar a los políticos en el ámbito de las TIC y representar al país en organizaciones internacionales cuando se tratan cuestiones relacionadas con ellas. El sector goza de una gran importancia, incluso el presidente Paul Kagame en la cumbre de Transform Africa en octubre de 2014 declaró que Internet es “un servicio público tan necesario como el agua”.

Ruanda empezó a trabajar en sus TIC desde el año 2000, después de adoptar la política de Infraestructura Nacional de Comunicaciones de la Información (NICI) y, al mismo tiempo, crear un plan con visión de futuro: lograr la digitalización plena en cuatro etapas de cinco años. Este propósito se integra en Visión 2020, el programa global del gobierno para transformar Ruanda en un país de renta media en dicho año. La primera etapa de la NICI, de 2000 al 2005, preparó el terreno para el sector de las TIC, con el establecimiento de leyes y regulaciones y la apertura al mercado de las telecomunicaciones. En 2002 solamente había dos proveedores de Internet con 25.000 usuarios, y la inmersión de la ciudadanía en este ámbito se incrementa enormemente hasta el punto de llegar en 2013 a 1,2 millones de usuarios de Internet, según un informe de la propia RURA.

La segunda etapa de la NICI, de 2005 a 2010, se concentra en mejorar la infraestructura de las TIC a base de implementar una institución que centraliza el almacenamiento, la gestión y protección de la información y las oportunidades que ofrece la utilización de las nubes. Asimismo, se despliega una red de fibra óptica que conecta el país con los cables marítimos internacionales. Este hecho trajo consecuencias muy positivas para Ruanda: Internet más accesible y asequible (de gran importancia para la misión de la RURA y la Visión 2020 para instaurar la renta media en el país), y también conectar a la sociedad con el mundo a través de la red. A nivel cultural supone un cambio notorio, puesto que el continente siempre ha estado “aislado” de Occidente (y este hecho romantizado al mismo tiempo, mucho del atractivo de África se encuentra en lo “desconocido”), y con la conexión de fibra óptica se integra un poco más y se va eliminando ese desconocimiento (y probablemente muchos estereotipos que llevan a prejuicios y rechazo). Todos estos

¹⁰ *Big dreams for Rwanda's ICT sector*. (2014, 12 mayo). Africa Renewal. <https://www.un.org/africarenewal/magazine/april-2014/big-dreams-rwanda%E2%80%99s-ict-sector>

esfuerzos han dado sus frutos: las entidades del sector público tienen cada vez más presencia en Internet, aumentan los clientes de líneas fijas, telefonía móvil y usuarios de la red.

Finalmente, la tercera etapa de la NICI, de 2011 a 2015, se centra en la mejor prestación de servicios y camina hacia un mayor desarrollo comunitario, impulsando por ejemplo el programa “Un portátil por niño”, lanzado en 2008 para distribuir portátiles y tabletas electrónicas en las escuelas primarias. Así, al terminar el 2012 se habían distribuido más de 110.000 portátiles a alumnos de todo Ruanda.

Para los años venideros, se espera, entre otras cosas, aumentar la administración electrónica y la ciberseguridad. Sin embargo, algo que debe contemplar la RURA son las tendencias que muestran una preocupante brecha digital entre hombres y mujeres, así como entre el ámbito rural y urbano. Por ello, se necesita que las telecomunicaciones incidan en la comunidad y su propósito principal sea el desarrollo de la misma, y siendo la radiodifusión una de las TIC más utilizadas, o quizá la más utilizada, en este estudio se apuesta por un proyecto de radio comunitaria útil; a la vez que las tecnologías reguladas por la RURA suponen una ventana al mundo, también deben ayudar a la sociedad a desarrollarse, saber utilizar los medios de los que dispone para su bienestar y proporcionarle la información necesaria para su funcionamiento autónomo.

2.2.2 La RICTA

La Rwanda Information and Communication Technology Association (RICTA)¹¹ es una organización sin ánimo de lucro que representa los intereses de la comunidad ruandesa en Internet. Se crea en 2005 para gestionar el dominio de primer nivel del código de país (.RW) así como el punto de intercambio de Internet de Ruanda. Defienden la imparcialidad para “asegurar y promover el uso de Internet” en el país. Además, no se limitan a la gestión del registro del dominio, sino a promover la comunidad de Internet de Ruanda, así como a la localización de contenidos locales.

¹¹ *RICTA – RWANDA INTERNET COMMUNITY AND TECHNOLOGY ALLIANCE.* (2001). Ricta.Org.Rw. <https://ricta.org.rw/>

Con la visión de facilitar la conexión a Internet en el ámbito local, la RICTA sitúa como misión promover y gestionar de forma óptima los recursos clave de Internet en beneficio de la comunidad. Promueven una serie de valores; tales como la “profesionalidad” hacia todas las partes interesadas; “compromiso” con los objetivos que se han propuesto; “honestidad”, “integridad” y “respeto” hacia toda la sociedad; la búsqueda de la excelencia y avanzar siempre con el resultado final en mente.

La RICTA gestiona el RINEX, es decir, el Ruanda Internet Exchange. En el 2002, los proveedores de Internet (ISP) de Ruanda consideraron la necesidad de implementar un IXP, un punto de intercambio en las redes de dichos proveedores. En 2003, se alcanza un punto de inflexión con la presencia de dos ISP independientes en el país, con técnicos formados en las técnicas de creación y mantenimiento de ese IXP. Tras un año de preparación, la Rwanda Information and Technology Authority (RITA) pone en funcionamiento la RINEX apoyada por la Agencia Sueca de Cooperación y Desarrollo Internacional y el Real Instituto Técnico Sueco. Participan en el proyecto cuatro técnicos procedentes de las dos principales instituciones educativas (al mismo tiempo, ISP comerciales): la Universidad Nacional de Ruanda y el Instituto de Ciencia y Tecnología de Kigali.

En un primer momento, encontrar las instalaciones adecuadas para el IXP supuso ciertos problemas. Por ejemplo, obtener unos locales independientes dotados de electricidad, un generador de energía de reserva, seguridad o teléfonos, entre otros. Las instalaciones de las entidades académicas de Ruanda no son las más adecuadas para alojar el IXP, y los proveedores disponían de una capacidad física bastante limitada. Por ello, se decidió instalar el IXP en las dependencias del operador de telecomunicaciones tradicional y que, además, ya tenía conexiones con la mayoría de proveedores de Internet (Rwandatel). Las infraestructuras africanas son una de las cosas que debe cambiar primero en el proyecto impulsado por la RURA, ya mencionado anteriormente, para una mayor accesibilidad a los servicios públicos, en especial las telecomunicaciones, para que la comunidad se desarrolle y goce de cada vez más autonomía.

Se acordó un modelo de punto de intercambio basado en la capa 2. Cada operador de red ofrece un circuito desde su red troncal, y un router conectado al conmutador del IXP. El equipo se sitúa en las dependencias del IXP y se compone del conmutador central, los

routers de los miembros y el equipo de comunicaciones. Ahora, hay 13 miembros en dicha central, y se obliga a todos por la dirección de RINEX a intercambiar rutas para sus clientes directamente entre sí a través de la central. A pesar de las dificultades iniciales, RINEX se ha convertido en un punto de intercambio de Internet de éxito en Ruanda, así como en África Oriental.

Hay que destacar que, desde que se creó en 2004, su gobernanza ha pasado por determinados cambios. Como se ha dicho, la RICTA es la que gestiona RINEX, decisión tomada durante una reunión con todas las partes interesadas locales, y este proceso iniciado por la RURA. Y, en 2014, RICTA y RURA firmaron un memorando de entendimiento para la gestión de RINEX en nombre de la comunidad local de Internet.

La RICTA también está efectuando en la actualidad diversas iniciativas para educar a los ruandeses en el uso de Internet, alcanzando así el objetivo de digitalización. Un buen ejemplo se encuentra en los cursos ofertados por la RICTA; uno de ellos, en colaboración con la Sociedad de Internet (ISOC), introduce a los usuarios a las operaciones con LINUX; redes y sistema de nombres de dominio (DNS). Se orienta a enseñar cómo instalar y configurar un servidor UNIX en funcionamiento, conectarlo a Internet y, posteriormente, ejecutar un sistema de DNS en un entorno virtualizado. Se presenta como un curso “básico” con intención de permitir avanzar a los participantes en temas más complejos, en sintonía con el objetivo del proyecto propuesto en esta investigación (desarrollo comunitario y autonomía del colectivo).

La última función destacada de la RICTA es la gestión del recurso nacional .RW, el espacio de nombres de dominio de nivel superior en código del país. Esto es de interés público de Ruanda y de las comunidades mundiales de Internet. La presencia en línea es fundamental, crear un espacio donde los clientes puedan acceder fácilmente a los productos y servicios y se promueva el comercio electrónico. En este ámbito, la organización se encarga de gestionar y administrar el espacio de nombres de dominio .RW y, haciéndolo, crean una identidad ruandesa única en la red. También contribuyen a proporcionar visibilidad mundial a los productos y servicios del país, abriendo así una ventana a esa sociedad que les ubica tan lejanos. Para registrar un nombre de dominio se puede hacer directamente desde la página web de la RICTA, así como encontrar el listado de los ya utilizados o los más visitados.

2.2.3 La RBA

La Agencia de Difusión de Ruanda (RBA)¹² es el organismo público de difusión ruandés. Anteriormente, se denominaba ORNIFOR (Office Rwandais d'Information), pero se restableció en 2013 con un nombre diferente y una metodología igualmente dispar. Pertenece al gobierno desde 1963, y se centra en ofrecer un nivel de excelencia y servicio en la industria de la radiodifusión.

Desde su creación, ORNIFOR era una emisora estatal con el imperativo de ser un canal gubernamental a través del cual se comunicaban sus necesidades e ideología a los ciudadanos. La influencia de los medios de comunicación en la opinión pública es de sobra conocida; por ello, el Gobierno utilizó tanto a la radio como a la televisión y a la prensa para difundir su propaganda. Así, la ORNIFOR desempeñó un papel realmente dañino en el genocidio de 1994 contra los tutsis.

Tras el genocidio, era necesario establecer una nueva institución que satisficiera las necesidades e intereses del público en general, que se centrara en los asuntos que afectan a los ciudadanos y dejase de ser un altavoz del Estado. En Ruanda, probablemente por los antecedentes y la gran crispación con la que ha vivido la sociedad en los últimos años, esta filosofía es una constante: instituciones al servicio de la comunidad y desarrollo de la misma. De hecho, esto fue lo que marcó el cambio de la ORNIFOR a la actual RBA.

A lo largo de los años, la Office Rwandais d'Information se había asociado con una cultura de ineficacia, y el público anhelaba una nueva institución con un nuevo mandato, para hablar de una nueva sociedad. En 2013 se presentó una ley para el restablecimiento de la RBA, que trabajaría de forma independiente como voz de los ruandeses.

La RBA gestiona actualmente la televisión y la radio. La industria televisiva, en primer lugar, se compone de 12 canales. El 84% son privados (es decir, 10 de los 12 disponibles), mientras que los restantes son propiedad de organizaciones públicas y religiosas, respectivamente. La RBA se encarga del canal de televisión Rwanda Television, que

¹² *Rwanda Broadcasting Agency*. (2001). rba.co.rw. <https://www.rba.co.rw>

ofrece diariamente noticias y entretenimiento en tres idiomas: inglés, francés y kinyarwanda.

Por su parte, Radio Ruanda es una emisora de radio de la RBA. Se fundó en 1961 y, antes del ataque del Frente Patriótico Ruandés el 1 de octubre de 1990, era la única emisora nacional de Ruanda, representando tanto las opiniones del Estado como las del partido en el poder. Poco después del inicio de la guerra, el FPR creó su propia emisora: Radio Muhabura.

En marzo de 1992, Radio Ruanda emite información falsa sobre el asesinato de funcionarios hutus, por lo que muchos tutsis fueron asesinados en Bugesera. Cuando el gobierno de transición se instaló en abril de 1992, quiso cambiar la programación de la radio.

Por la creciente influencia de la ya mencionada Radio Muhabura del FPR, los hutus radicales crearon en 1993 la Radio Télévision Libre des Mille Collines (RTLM). Con frecuencia transmitía declaraciones de odio contra los tutsis, y muchos de sus periodistas fueron condenados por incitar al genocidio. Esto fue perjudicial para Radio Ruanda en el sentido de que, a pesar de ser una emisora distinta e independiente a RTLM, se emitía en las mismas longitudes de onda, aunque en horarios diferentes. Por eso, la población llegó a confundirlas en varias ocasiones. Una vez concluida la etapa más oscura del país, Radio Ruanda se restableció entre 1994 y el 2000, con la financiación del gobierno alemán.

En la actualidad, se ha convertido en una radio pública nacional con otras 6 emisoras regionales, como Radio Musanze o Radio Huye, entre otras. El director en estos momentos es Aldo Havugimana. Sin embargo, como la radio es el medio de comunicación más consumido en Ruanda y en el que se basa el proyecto que se quiere llevar a cabo, se dedicarán los siguientes capítulos a desarrollarlo de forma más extensa.

Los medios de comunicación ruandeses también se encuentran regulados. De acuerdo con la Constitución del país, existe una autoridad estatutaria que se llama Consejo Superior de Medios de Comunicación. Su misión oficial es orientar a la industria para que pueda reflejar la globalización, que la industria tenga los conocimientos necesarios y tomar decisiones que permitan mejorar el sector de medios. Sus responsabilidades legales, por otra parte, quedan detalladas en el artículo n°03/2013 de la Ley. Asimismo, la libertad de prensa en Ruanda aparece en el artículo 34 de su Constitución.

Más allá del funcionamiento de los medios de comunicación ruandeses (sobre todo el radiofónico, que es el que realmente se procederá a detallar), también hay que incidir en la importancia de los mismos en la historia del país. Como se pudo comprobar en el apartado que aborda la historia de Ruanda¹³, fueron desde el principio una de las herramientas más efectivas para llevar a cabo el genocidio y que los hutus se sintieran identificados con las ideas que se promulgaban, generando un intenso odio hacia los tutsis. Y también han sido clave para la reconciliación entre ambas tribus, con programas de radiodifusión que enfrentan todo tipo de testimonios de lo ocurrido para generar empatía y comprensión.

Finalmente, y como objetivo principal de esta investigación, los medios de comunicación también contribuyen al desarrollo comunitario y la apertura de la sociedad ruandesa, porque a través de ellos se pueden difundir consejos, ejemplos o lecciones sobre cómo hacer determinadas acciones (ya sea técnicas agrarias, sanitarias o educativas) para un mayor aprendizaje y autonomía de la ciudadanía. Y que esto no provenga exclusivamente de su entorno, pudiendo así conocer otros modos de vida y que el suyo también sea conocido.

¹³ *Punto 1, Introducción.*

3. LA RADIO

Para muchos suena lejano hablar de las “ondas de radio”, pero si echamos la vista atrás analizando los descubrimientos del ser humano, no hace tanto tiempo desde que hacemos uso de ellas, especialmente para comunicarnos.

3.1 Orígenes

Desde la realización de la primera comunicación inalámbrica a través de mar abierto el 14 de mayo de 1897 (considerada la primera emisión de radio), nada parecía augurar que esto sería solo el principio, puesto que se abría un amplio abanico de posibilidades en el mundo de la física. Dicha comunicación fue llevada a cabo por Guglielmo Marconi¹⁴ tras leer el artículo del descubrimiento de la propagación de las ondas electromagnéticas, a través del experimento del físico alemán Heinrich Rudolf Hertz en 1888 y con la consiguiente demostración de la teoría de Maxwell¹⁵.

La primera emisión por radiotelégrafo a larga distancia por parte de Marconi en 1901 supuso el descubrimiento de la reflexión de las ondas de radio en la Ionosfera¹⁶. Más tarde, se realizaría la primera transmisión radiofónica del mundo la Nochebuena de 1906. Reginald Aubrey Fessenden, utilizando el principio heterodino, difundió una canción tocada a violín y un pasaje de la Biblia desde Massachusetts. Todos estos acontecimientos

¹⁴ Gavaldà, J. (2020, 13 febrero). *La primera transmisión por radio de la historia*. historia.nationalgeographic.com.es.

¹⁵ *Descubrimiento de las ondas de Radio: la confirmación de la Teoría Electromagnética*. (s. f.). Investigación y Ciencia. Recuperado 14 de julio de 2021.

¹⁶ Viñas, J. M. (2018, 13 junio). *Emisoras lejanas y saltos ionosféricos*. Tiempo.com | Meteored. <https://www.tiempo.com/noticias/divulgacion/emisoras-lejanas-y-saltos-ionosfericos.html>

originaron lo que actualmente conocemos en términos de medios de comunicación como *la radio*^{17 18}.

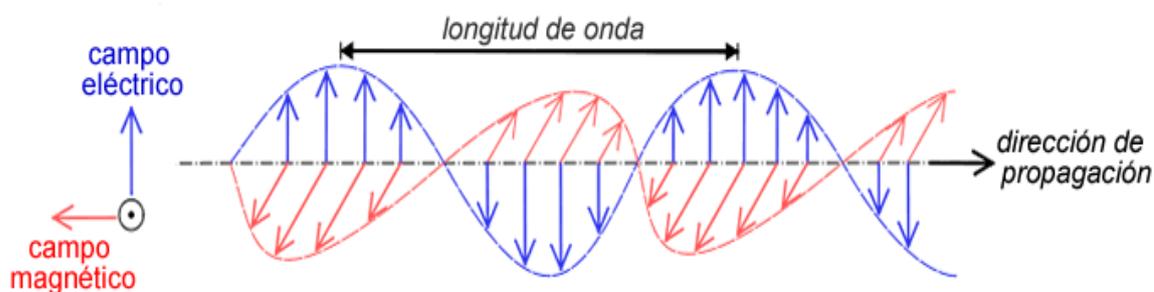


Figura 3.1 - Representación onda electromagnética. (Fuente: [Radianza](#))

3.2 Frecuencias

El espectro radioeléctrico o las denominadas bandas de frecuencia usadas en comunicaciones forman parte del espectro electromagnético, que representa la distribución energética del conjunto de las ondas electromagnéticas. Se ha ido dibujando a partir del espectro visible, y se empezó a ampliar en 1800 con el descubrimiento de la banda infrarroja por parte de William Herschel.

Un año después, Johann Wilhelm Ritter descubrió¹⁹ la banda ultravioleta; y estos acontecimientos, aunados a los experimentos de Hertz y las posteriores investigaciones, han ido conformando al espectro electromagnético hasta convertirse en lo que es a día de hoy: algo que alberga desde las radiaciones de menor longitud de onda (como es el caso de los rayos gamma) hasta las ondas electromagnética de mayor longitud de onda (las ondas de radio).

¹⁷ Colaboradores de Wikipedia. (2021, 17 junio). *Historia de la radio*. Wikipedia, la enciclopedia libre. https://es.wikipedia.org/wiki/Historia_de_la_radio

¹⁸ *De cómo la radio sorprendió a la Humanidad*. (s. f.). www.naturgy.com. Recuperado 14 de julio de 2021, de https://www.naturgy.com/de_como_la_radio_sorprendio_a_la_humanidad

¹⁹ *Descubrimiento de las ondas de Radio: la confirmación de la Teoría Electromagnética*. (s. f.-b). Investigación y Ciencia. Recuperado 14 de julio de 2021.

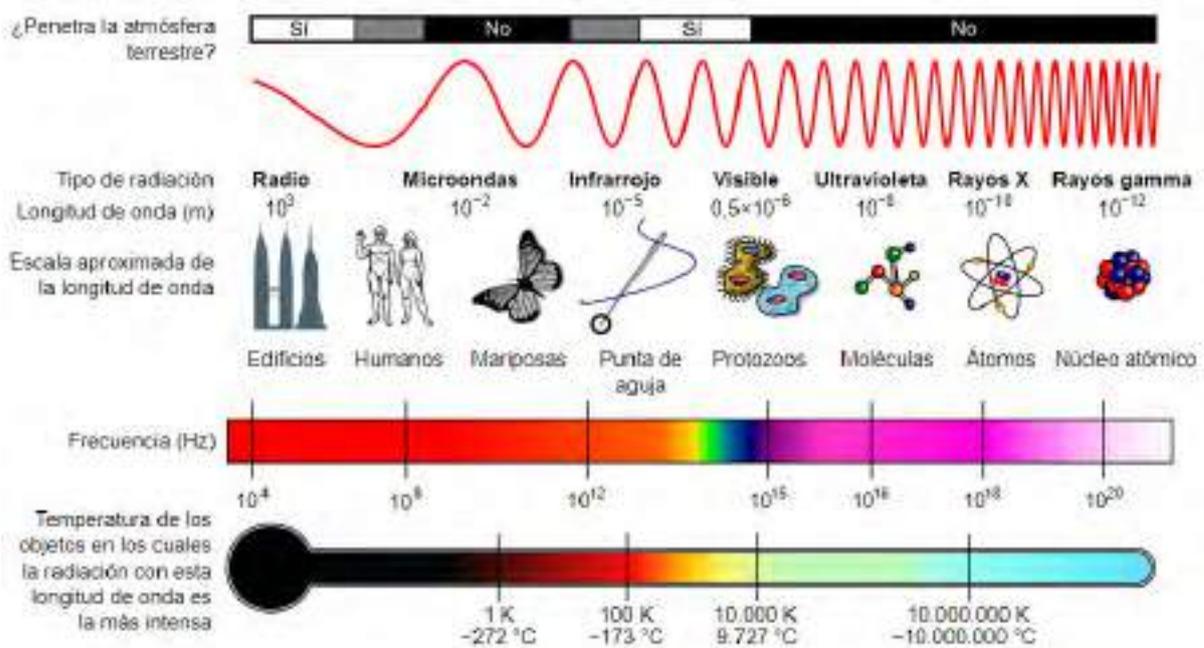


Figura 3.2 - Diagrama del espectro electromagnético. (Fuente: [Wikipedia](#))

En concreto, las frecuencias referidas al espectro radioeléctrico son las bandas de frecuencias clasificadas desde los 3 Hz hasta los 3.000 GHz.

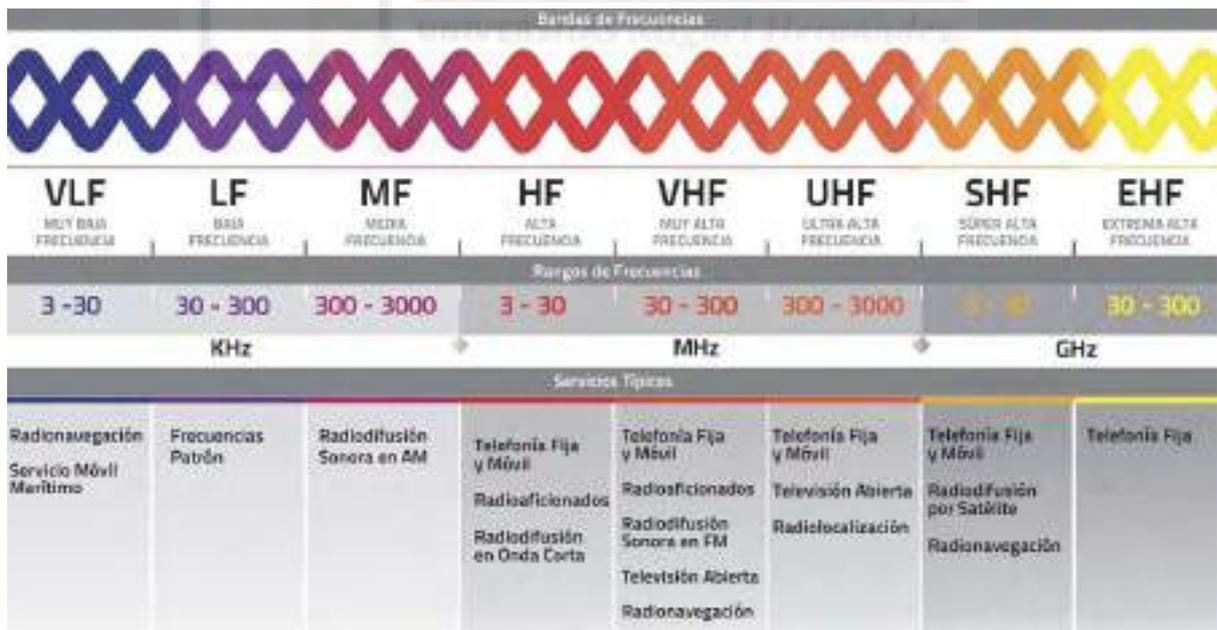


Figura 3.3 - Espectro radioeléctrico desde 3 Hz hasta 300 GHz. (Fuente: [Redeszone](#))

Según la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), las bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico se clasifican en función de su longitud de onda, y quedan definidas tal y como se detalla en la **tabla 3.1**.

UIT	Banda	Abreviatura	Frecuencia	Ejemplos de uso
	Frecuencia Tremendamente Baja	TLF	< 3 Hz	Actividad neuronal
1	Frecuencia Extremadamente Baja	ELF	3 - 30 Hz	Actividad neuronal, comunicación con submarinos
2	Frecuencia Super Baja	SLF	30 - 300 Hz	Comunicación con submarinos
3	Frecuencia Ultra Baja	ULF	300 - 3.000 Hz	Comunicación con submarinos, comunicaciones en minas a través de la tierra
4	Frecuencia Muy Baja	VLF	3 - 30 kHz	Radioayuda, señales de tiempo, comunicación submarina, pulsómetros inalámbricos, geofísica
5	Frecuencia Baja u Onda Larga	LF	30 - 300 kHz	Radioayuda, señales de tiempo, radiodifusión en AM, RFID, radioafición
6	Frecuencia Media u Onda Media	MF	300 - 3.000 kHz	Radiodifusión en AM, radioafición, balizamiento de aludes
7	Frecuencia Larga u Onda Larga	HF	3 - 30 MHz	Radiodifusión en onda corta, banda ciudadana y radioafición, comunicaciones de aviación sobre el horizonte, RFID, radar, comunicaciones ALE, comunicación cuasi-vertical (NVIS), telefonía móvil y marina
8	Frecuencia Muy Alta	VHF	30 - 300 MHz	FM, televisión, comunicaciones con aviones a la vista entre tierra-avión y avión-avión, telefonía móvil marítima y terrestre, radioafición, radio meteorológica
9	Frecuencia Ultra Alta	UHF	300 - 3.000 MHz	Televisión, hornos microondas, comunicaciones por microondas, radioastronomía, telefonía móvil, redes

				inalámbricas, Bluetooth, ZigBee, GPS, comunicaciones uno a uno como FRS y GMRS, radioafición
10	Frecuencia Super Alta	SHF	3 - 30 GHz	Radioastronomía, comunicaciones por microondas, redes inalámbricas, radares modernos, comunicaciones por satélite, televisión por satélite, DBS, radioafición
11	Frecuencia Extremadamente Alta	EHF	30 - 300 GHz	Radioastronomía, transmisión por microondas de alta frecuencia, teledetección, radioafición, armas de microondas, escáner de ondas milimétricas
12	Frecuencia Tremendamente Alta	THF	300 - 3.000 GHz	Radiografía de terahercios, física de la materia condensada. espectroscopía mediante terahercios, comunicaciones/computación mediante terahercios, teledetección submilimétrica, radioafición

Tabla 3.1 - Bandas de frecuencia en función de su longitud de onda. (Fuente: [Wikipedia](#))

3.3 Modulación

Las técnicas utilizadas para poder transportar información sobre una onda portadora, la cual generalmente consiste en una onda sinusoidal, reciben el nombre de modulación. Con este proceso, se consigue reforzar a las ondas de radio frente a ruidos e interferencias, así como mejorar la utilización del canal de comunicaciones.

La característica principal de la modulación consiste en hacer variar uno de los parámetros característicos de la onda como es el caso de la amplitud o la frecuencia. En el caso de las modulaciones de tipo analógico, la más habitual es la denominada Amplitud Modulada (más conocida como AM), en la cual se hace variar la amplitud de la onda portadora para incorporar la información deseada. Aunque en la actualidad predomina la Frecuencia Modulada o FM. En este caso se hace variar la frecuencia de la señal portadora para incluir la información.

Existen otras modulaciones analógicas como es el caso de la Modulación de Fase o PM, la Modulación de Amplitud en Cuadratura o QAM, la modulación de Doble Banda Lateral o DBL, y la modulación de Banda Lateral Única o BLU, apenas utilizadas en transmisiones de radiodifusión comercial.

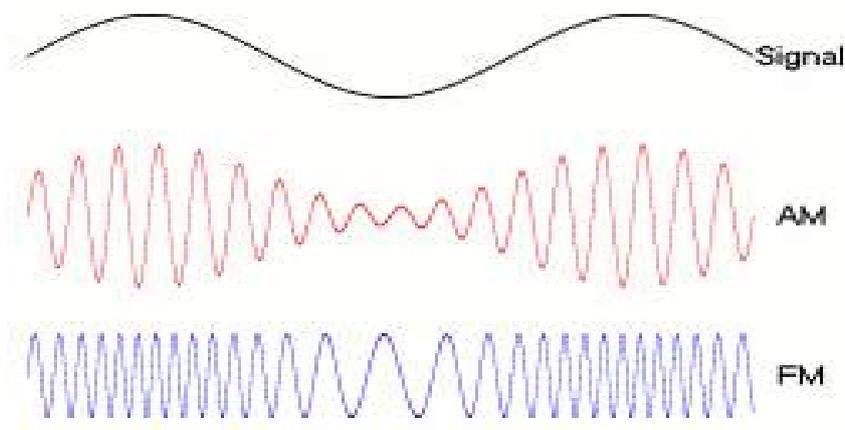


Figura 3.4 - Diagrama onda portadora (Signal) frente a Amplitud Modulada (AM) y Frecuencia Modulada (FM). (Fuente: [Wikipedia](#))

En cuanto a las modulaciones de onda de tipo digital, existe gran variedad de tipos de modulación. La denominada DRM o Radio Digital Mundial es la más habitual en bandas utilizadas actualmente para la radiodifusión analógica, haciendo uso de los formatos de codificación de audio en MPEG-4. Frecuentemente se usa esta codificación es para la entrega de audio de calidad en las bandas de radiodifusión de onda larga, onda media y onda corta a las estaciones de retransmisión en FM, sin necesidad de depender de satélites ni de internet^{20 21}.

²⁰ *Digital Radio Mondiale | What is DRM.* (s. f.). www.drm.org. Recuperado 14 de julio de 2021, de <https://www.drm.org/what-is-drm/>

²¹ Colaboradores de Wikipedia. (2021a, febrero 23). *Frecuencia modulada*. Wikipedia, la enciclopedia libre. https://es.wikipedia.org/wiki/Frecuencia_modulada

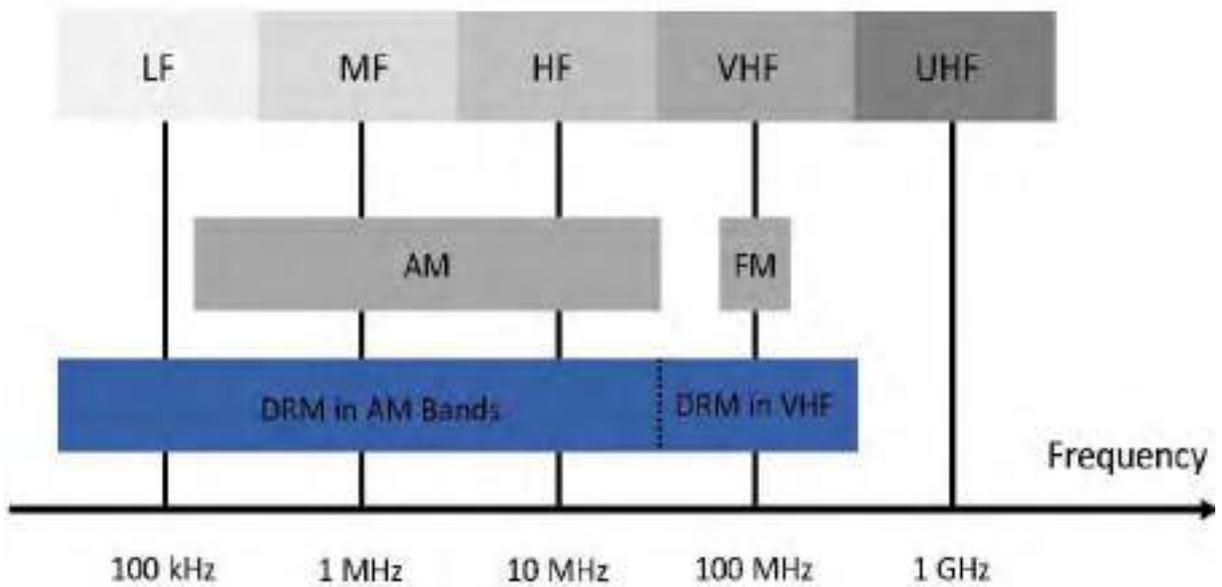


Figura 3.5 - Estándar de modulación DRM sobre las bandas de frecuencias AM y FM.
(Fuente: [Republicaradio](#))

El resto de formatos de modulación digital existentes como pueden ser ASK, APSK, CPM, FSK, GMFK, GMSK, MFSK, MSK, OOK, PPM, PSK, SC-FDMA o TCM, entre otras, son más habituales las para la transmisión de otro tipo de señales tales como las de televisión, telefonía o datos.

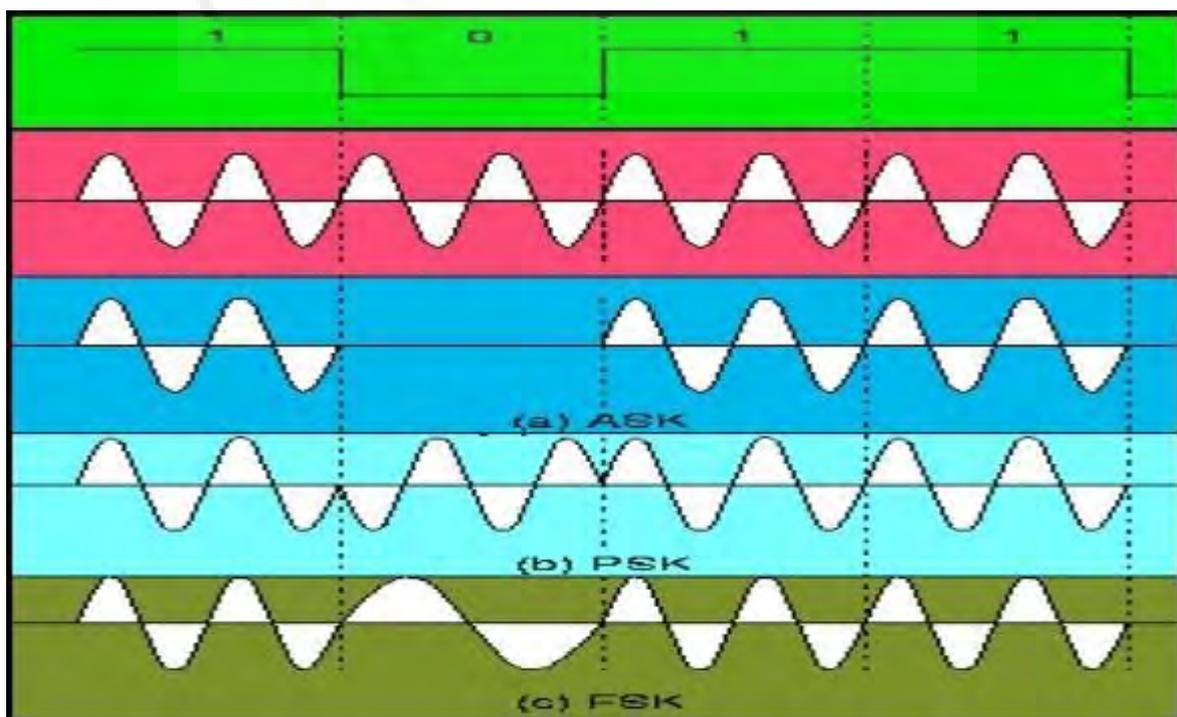


Figura 3.6 - Ejemplo modulación digital, ASK (a) frente a PSK (b) frente a FSK (c).
(Fuente: [Paginawebcarleidysvargas](#))

3.4 Frecuencias reguladas

Las frecuencias y modulaciones para la emisión de radiodifusión está regulada por la ITU, pero cada zona o región posee salvedades, por lo que no existe un estándar idéntico en todo el mundo. A continuación, detallaremos los más habituales:

3.4.1 Radio de Onda Media (OM)

Las comunicaciones por onda media para radiodifusión en amplitud modulada están en uso desde 1920. Sus características se basan en una gran estabilidad en las oscilaciones en frecuencias inferiores a 10 MHz y la facilidad para atravesar obstáculos o la sencillez del equipamiento. Pese a que en la actualidad han caído en desuso y se han visto reemplazadas por la FM²² debido a su gran requerimiento de ancho de banda, están volviendo a cobrar importancia con la implementación de la codificación DRM.

Las estaciones de radiodifusión de onda media en Europa y África tienen asignadas las frecuencias comprendidas entre los 531 kHz y los 1.602 kHz, englobados en canales de 9 kHz de separación. En cambio en América del Norte las frecuencias están separadas 10 kHz entre canales y están comprendidos entre los 530 kHz y los 1.710 kHz.

3.4.2 Radio de Amplitud Modulada (AM)

Las comunicaciones de radiodifusión aventajan a las emisiones en frecuencia modulada gracias a su mayor cobertura, con posibles distancias de hasta 1.000 km en onda media. Sin embargo, presenta una reducción en su ancho de banda frente a la FM.

Las bandas de frecuencia más utilizadas para este tipo de amplitud²³ son sobre todo las comprendidas entre los 153 kHz y los 30 MHz. Por ello, alberga la denominada onda larga, que va de 153 kHz a 281 kHz, la onda media, que va de 520 kHz a 1.710 kHz; y la onda corta, que va de 1.705 kHz a 30 MHz.

²² Colaboradores de Wikipedia. (2021, febrero 23). *Frecuencia modulada*. Wikipedia, la enciclopedia libre. https://es.wikipedia.org/wiki/Frecuencia_modulada

²³ Colaboradores de Wikipedia. (2021, mayo 29). *Radio AM*. Wikipedia, la enciclopedia libre. https://es.wikipedia.org/wiki/Radio_AM

3.4.3 Radio en Frecuencia Modulada (FM)

A día de hoy sigue siendo la modulación predominante por excelencia para la transmisión de radiodifusión a nivel comercial desde los años 60, pues en ella se transmiten la mayoría de emisoras de radio en el continente europeo y americano.

Las emisoras comerciales tienen asignadas frecuencias de uso desde los 87,5 MHz hasta los 108 MHz, con una asignación de frecuencias centrales empezando en 88,1 MHz y con una separación de 200 kHz, obteniendo así un máximo de 100 estaciones. Para minimizar las posibles interferencias con las emisoras adyacentes, poseen un margen de salvaguarda superior e inferior de 25 MHz entre sus frecuencias adyacentes dado que las emisiones presentan una desviación máxima de la frecuencia central de 75 kHz.

Lamentablemente, el espectro de frecuencia de la banda FM²⁴ se encuentra saturado, impidiendo obtener con una misma frecuencia cobertura en todo un territorio, como puede ser el caso de España. De esta manera se precisan numerosos pequeños centros emisores repartidos a lo largo y ancho de todo el territorio, impidiendo la configuración de redes de frecuencia única, dado que la adyacencia de varios emisores transmitiendo la misma información en la misma frecuencia provocaría interferencias entre los mismos.

3.4.4 Radiodifusión de Audio Digital (DAB)

Se presenta como un estándar digital y una posible solución a las limitaciones actuales de las grandes emisoras de radio, puesto que permiten unir las en un múltiple y transmitir las²⁵ en una sola frecuencia codificando cada una de las señales. Por ejemplo, en España, esta tecnología de radiodifusión se implementa sobre las frecuencias 195 a 216 MHz, y 216 a 223 MHz, utilizando la codificación de audio AAC +.

²⁴ *Radio Broadcast Signals*. (s. f.). www.hyperphysics.phy-astr.gsu.edu. Recuperado 14 de julio de 2021.

²⁵ Colaboradores de Wikipedia. (2021, junio 25). *Transmisión digital de audio*. Wikipedia, la enciclopedia libre. https://es.wikipedia.org/wiki/Transmisi%C3%B3n_digital_de_audio

3.4.5 Radio Mundial Digital (DRM)

Mencionada anteriormente, esta tecnología de codificación digital de audio sobre frecuencias de onda larga, onda media y onda corta, así como radio AM; se ha pensado para las emisoras de radiodifusión más pequeñas o de carácter local o rural. Dado que las frecuencias ya citadas están cayendo en desuso, se ha planteado utilizar técnicas modernas de codificación que permitirían llegar a emitir en ellas transmisiones de audio con una calidad de sonido próxima a la de un CD.

Entre sus ventajas, destaca el hecho de poder convivir las emisiones digitales con las analógicas, lo que permitiría implementar el cambio de tecnología de analógico a digital sin inconvenientes. Además, esta tecnología logra obtener prestaciones de audio cercanas a las actuales de FM incluyendo además el servicio de agregación de datos similar al actual RDS.

En la actualidad, la realidad es que, al menos en España^{26 27}, la radio sigue escuchándose con tecnología analógica y la digitalización ha desbancado a lo tradicional para evolucionar hacia el contenido multimedia bajo demanda (en el tema del audio, encontramos el fenómeno del pódcast²⁸).

Este movimiento aprovecha el poco interés de las emisoras de radio por cambiar de tecnología. Esto se debe, en cierto modo, al gran desembolso de equipamiento que se ha

²⁶ Patxi, I. (2020, 19 julio). *Radio DAB: ¿qué es y por qué en España no termina de arrancar?* <https://www.ivanpatxi.es/radio-dab-que-es-y-por-que-en-espana-no-termina-de-arrancar>

²⁷ R. (2020, 3 septiembre). *¿España podría replantearse la implantación de la radio digital DAB?* Panorama Audiovisual. <https://www.panoramaaudiovisual.com/2020/09/03/espana-podria-replantearse-la-implantacion-de-la-radio-digital-dab/>

²⁸ Monteros, M. J. E. D. L. (2020, 17 octubre). *El imparable auge del Podcast.* [www.elpais.com. https://elpais.com/elpais/2020/10/09/eps/1602258181_939048.html](https://elpais.com/elpais/2020/10/09/eps/1602258181_939048.html)

de realizar; aunado a la falta de impulso por parte de los dirigentes, y los desorbitados precios iniciales de los reproductores. En cambio, en el resto del continente europeo, la tecnología se ha implementado considerablemente con la determinación de fechas estipuladas para el apagón analógico de radio, lo que junto a la implementación de receptores de radio digitales en los automóviles, prospera en Europa.

España, un país cuya digitalización radiofónica está presente vía el Real Decreto 1287/1999, de 23 de julio, con la aprobación del Plan Técnico Nacional de la Radiodifusión Sonora Digital Terrestre. Dicha ley contemplaba elementos esenciales para el desarrollo del servicio DAB en toda la geografía nacional, pero no llegó al mismo punto que sus socios europeos^{29 30}.

Con la mejora de la infraestructura de internet y la red de cobertura 4G, así como la ventaja de elegir cuándo y dónde a través de las aplicaciones de contenido de audio a la carta, la radio digital parece condenada al olvido. Sin embargo, espera renacer de sus cenizas, cual ave fénix.

3.5 Antenas

La antena es el elemento encargado de recibir y transmitir las ondas electromagnéticas portadoras de las señales codificadas hacia el espacio libre. Es vital para comunicaciones tales como las que se realizan entre el estudio de radio y el centro emisor, o entre el centro emisor y los receptores de radio.

En radiodifusión sonora terrestre, en función de las características de la transmisión, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) contempla diferentes bandas de frecuencia. En el caso de las transmisiones de amplitud modulada (AM) se emplea la

²⁹ R. (2020b, noviembre 5). *PSOE y PP tumban en el Senado el impulso a la radio digital DAB+*. Panorama Audiovisual. <https://www.panoramaaudiovisual.com/2020/11/05/senado-tumba-radio-digital-dab/>

³⁰ R. (2019, 16 diciembre). *Las ventas de receptores de radio digital DAB alcanzan en todo el mundo los 82 millones*. Panorama Audiovisual. <https://www.panoramaaudiovisual.com/2019/12/16/ventas-radio-digital-dab-82-millones/>

banda MF (300 - 3000 kHz) también conocida como onda media (OM) y para las transmisiones a través de frecuencia modulada se utilizan las antenas de banda VHF (30 - 300 MHz) centradas en las frecuencias 87.5 - 108.0 MHz. En cambio, para las transmisiones de información entre estudios de radio y centros emisores, es más habitual el uso de la banda UHF (300 - 3000 MHz) y SHF (3 - 30 GHz).

El principal factor que condiciona el uso de un tipo de antena es la polarización, definida como 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 de tres tipos: lineal, circular y elíptica. A su vez estas presentan diferentes orientaciones; en el caso de la polarización lineal existen cuatro orientaciones posibles, horizontal, vertical, $+45^\circ$ y -45° , mientras que en el caso de las polarizaciones circular y elíptica existen dos tipos de orientaciones, a derechas o RHCP (dextrógiras) y a izquierdas o LHCP (levógiras).

Podemos apreciar en la figura 3.7 tres ejemplos de la variación del vector campo eléctrico (azul) respecto del tiempo (eje vertical), con sus componentes X (rojo) y Y (verde), así como la trayectoria trazada por la punta del vector en el plano (violeta).

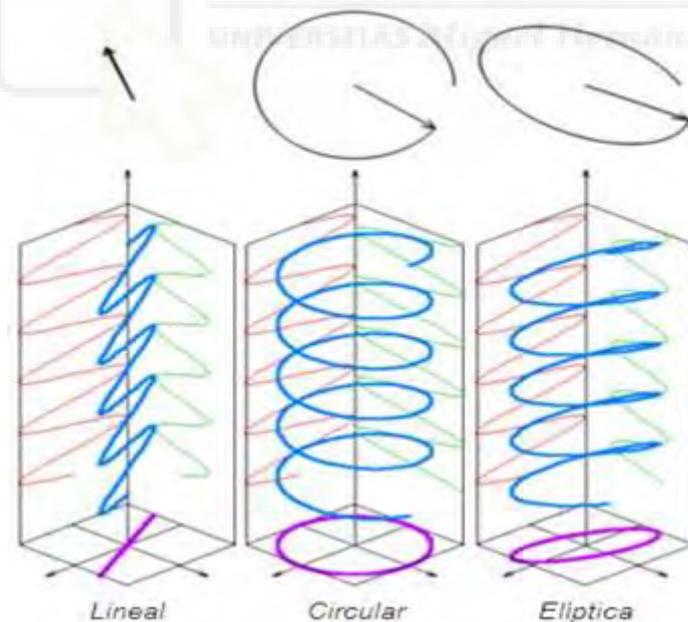


Figura 3.7 – Diagrama representación polarizaciones. (Fuente: [Wikipedia](#))

A continuación, en la **tabla 3.2**, podemos observar la relación entre la potencia recibida por una antena y la potencia máxima transmitida por otra antena, ambas con polarizaciones determinadas.

Polarización Antena Transmisora	Polarización Antena Receptora	Relación de la Potencia Recibida a Máxima Potencia	
		Pérdidas Teóricas por Propagación	
		Relación Lineal	Relación en dB
Vertical	Vertical	1	0 dB
Vertical	Inclinada (45° o 135°)	1/2	-3 dB
Vertical	Horizontal	0 (1/100 práctico)	∞ dB (-20 dB práctico)
Vertical	Circular (RH o LH)	1/2	-3 dB
Horizontal	Horizontal	1	0 dB
Horizontal	Inclinada (45° o 135°)	1/2	-3 dB
Horizontal	Circular (RH o LH)	1/2	-3 dB
Circular (RHCP)	Circular (RHCP)	1	0 dB
Circular (RHCP)	Circular (LHCP)	0 (1/100 práctico)	∞ dB (-20 dB práctico)
Circular (RH o LH)	Inclinada (45° o 135°)	1/2	-3 dB

Tabla 3.2 – Tabla de pérdidas de polarización. (Fuente: URE)

Así, describiremos los diferentes tipos de antenas que se pueden emplear para la transmisión y recepción de radiodifusión sonora terrestre:

3.5.1 Antenas omnidireccionales

Este tipo de antenas irradian un campo uniforme en todo su contorno, lo que simplifica la instalación del centro emisor porque emitirá la señal en todas las direcciones por igual.

El problema que presentan es su polarización: al ser de tipo lineal, dificulta la correcta emisión y recepción entre dos puntos fijos concretos.

Pero, por otro lado, son muy útiles para receptores de radio ya sean fijos o portátiles: no precisan de orientación hacia los mismos como en el caso de una radio doméstica, además, se pueden encontrar en constante movimiento y seguir recibiendo la señal radiada, como puede ser el caso de una radio equipada en un vehículo.

3.5.2 Antena Dipolo Simple

Este tipo de antena es la más sencilla de todas, consta de un hilo conductor de media longitud de onda a la frecuencia de trabajo, está cortado por la mitad y en el centro se sitúa un generador o línea de transmisión, poseen una impedancia en el vacío de 73 Ohm. La polarización puede ser horizontal o vertical y posee un amplio ángulo de recepción, por lo que permite cubrir una gran superficie. Este tipo de antenas se utilizan sobre todo en la banda de frecuencia VHF para la emisión de las señales de radiodifusión sonora terrestre desde los centros emisores a los receptores, es muy útil centros emisores situados en zonas geográficas con cotas elevadas y con amplio campo de visión sobre las zonas a radiar. Además, este tipo de antenas son las integradas en los receptores de radio³¹.

³¹ Colaboradores de Wikipedia. (2021b, marzo 5). *Dipolo (antena)*. Wikipedia, la enciclopedia libre. [https://es.wikipedia.org/wiki/Dipolo_\(antena\)#Dipolo_simple](https://es.wikipedia.org/wiki/Dipolo_(antena)#Dipolo_simple)[[<http://www.radiocomunicaciones.net/radio/antenas-dipolo/>

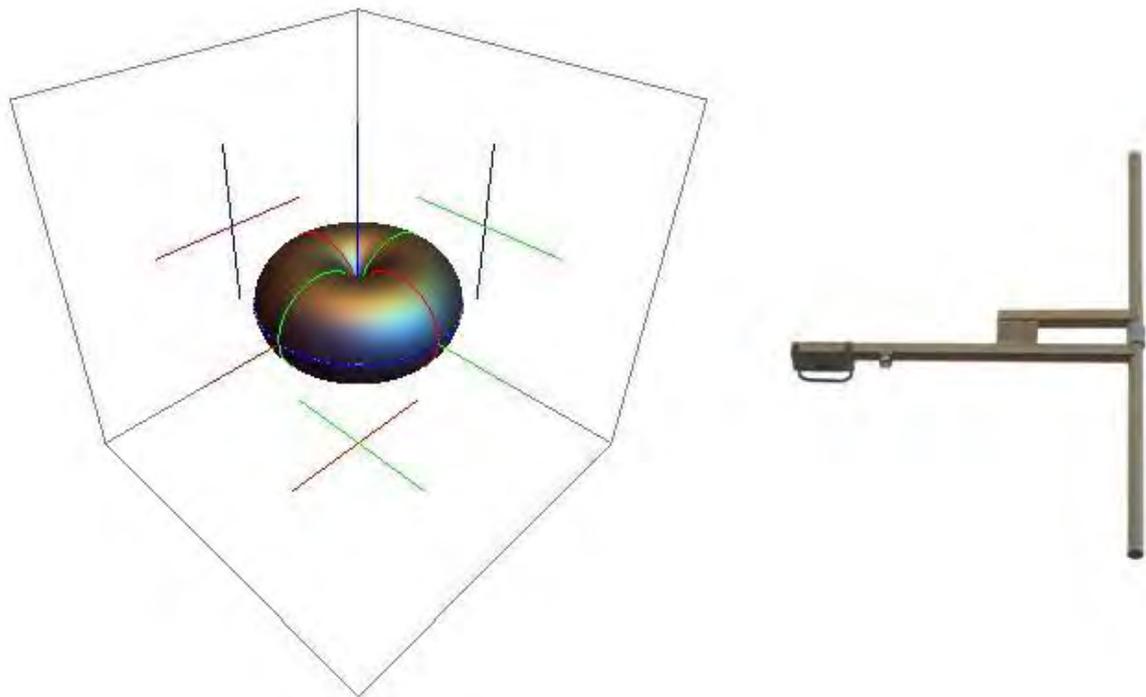


Figura 3.8 – Diagrama radiación dipolo, a la izquierda y antena dipolo, a la derecha.
(Fuente: Demonstrations.wolfram.com y Tecsiscom)

3.5.3 Antena Dipolo Circular o Doblado

Este tipo de dipolo presenta sus brazos doblados por la mitad y a su vez plegados sobre sí mismos, uniendo ambos extremos. Poseen una impedancia de 300 Ohm. Dicha antena se caracteriza por ser única, formada a su vez por dos elementos. El primero de ellos se alimenta de forma directa, mientras que el otro elemento lo hace a través de acoplamiento inductivo. En este caso, cada elemento posee de largo media longitud de onda, pero al poder pasar corriente a través de sus extremos, la antena obtiene una longitud de onda completa. El diagrama de radiación es un toroide, similar al dipolo simple, pero ligeramente achatado.



Figura 3.9 – Antena dipolo circular emisora, a la izquierda y antena dipolo circular receptora, a la derecha. (Fuente: [Milanuncios](#) y [Televes](#))

3.5.4 Antena Dipolo en V

Este tipo de antena³² posee polarización circular y se utiliza generalmente en la radiodifusión de FM debido a que permite ser empleada con elevadas potencias de transmisión, por encima de 5 kW. Se dispone en arrays para obtener el diagrama de radiación deseado, y se pueden implementar reflectores para mejorar la ganancia a una determinada dirección de radiación, de tipo parrilla para ofrecer una menor carga al viento. Presentan como inconveniente su bajo ancho de banda, en torno a 5 MHz.

³² *Antenas para radiodifusión* | *Radioenlaces*. (s. f.). www.radioenlaces.es. Recuperado 14 de julio de 2021, de <http://www.radioenlaces.es/articulos/antenas-para-radiodifusion/>



Figura 3.10 – Array antenas dipolo en V, a la izquierda y antena dipolo en V con reflector, a la derecha. (Fuente: Radioenlaces.com)

3.5.5 Antenas Direccionales o Directivas

Se caracterizan por ser antenas capaces de concentrar la mayor parte de su energía radiada de una forma localizada, aumentando de esta manera la potencia de emisión y recepción hacia la fuente deseada y evitando la intrusión de interferencias por parte de fuentes no deseadas. Este tipo de antenas se utilizan generalmente con polarización horizontal o vertical para la recepción de las ondas de radiodifusión terrestre.

3.5.6 Antena Yagi-Uda

Este tipo de antenas se conforman por un elemento alimentado formado por un simple dipolo o un dipolo doblado que actúa como elemento radiante, combinado a su vez con elementos parásitos conocidos como “reflectores” y “directores”. Esto es debido a que dichos elementos no son activos, es decir, no se conectan a la línea de transmisión y reciben la energía mediante inducción mutua, todo ello da como resultado una antena de muy alto rendimiento capaz de permitir mayor directividad o mayor ancho de haz en función de la cantidad de dipolos que posea. Cabe destacar que la ganancia de la antena es directamente proporcional al número de dipolos de la misma y a su vez inversamente proporcional al ancho del haz de la misma, es decir, a mayor ganancia menor ancho de

haz y viceversa. Este tipo de antenas son las más extendidas en el uso de centros emisores que pretenden focalizar su emisión sobre una área geográfica determinada.



Figura 3.11 – Antena Yagi-Uda 3 elementos FM 87 - 108 MHz Protel ARYCKM-B-37X. (Fuente: Antennakit.es)

3.5.7 Antena Log-periódica

La antena log-periódica o periódica logarítmica es una variante de la antena Yagi-Uda cuya impedancia es función de la frecuencia logarítmicamente periódica. Son antenas direccionales de haz estrecho capaces de operar en un rango amplio de ancho de banda. Está formada por un elemento alimentado compuesto por un simple dipolo o un dipolo doblado que actúa como elemento radiante, combinado a su vez con otros parásitos conocidos como reflectores y directores, esto es debido a que dichos elementos no son activos, es decir, no se conectan a la línea de transmisión y reciben la energía mediante inducción mutua, todo ello da como resultado una antena de muy alto rendimiento capaz de permitir mayor directividad o mayor ancho de haz en función de la cantidad de dipolos que posea. Cabe destacar que la ganancia de la antena es directamente proporcional al número de dipolos de la misma y, a su vez, inversamente proporcional al ancho del haz de la misma (es decir, a mayor ganancia menor ancho de haz y viceversa). Este tipo de antenas son las más extendidas en el uso de centros emisores que pretenden focalizar su emisión sobre una área geográfica determinada.



Figura 3.12 – Antena Log-periódica FM 87.5 - 108 MHz Protel ARL0205.1. (Fuente: Protel-antennas.com)

3.5.8 Antena Parabólica

Estas antenas se caracterizan por llevar un reflector parabólico, pudiendo ser de estado sólido o de tipo rejilla. Se distinguen porque pueden ser transmisoras, receptoras o ambas al mismo tiempo, se utilizan a alta frecuencia y tienen una ganancia elevada frente a otro tipo de antenas diseñadas para similar frecuencia. Las antenas parabólicas en radiodifusión son empleadas mayoritariamente en los sistemas de radioenlaces, para el transporte de las señales desde los estudios de radio hacia los centros emisores, o en emisoras con numerosos centros emisores; para la recepción de las señales procedentes de las emisoras principales, también denominadas cadenas, hacia las estaciones locales o repetidoras.



Figura 3.13 – Antena parabólica tipo rejilla. (Fuente: [Freepik.es](https://www.freepik.es))

3.6 Transmisores FM

El radiotransmisor³³ o transmisor es uno de los equipos vitales en la radiodifusión, consiste en un dispositivo electrónico, el cual a través de una antena conectada al mismo irradia ondas electromagnéticas con información, es decir, emite una señal a través de un medio de propagación que en el caso que nos acontece será el aire. En nuestro supuesto, será el encargado de transmitir a través de un sistema radiante la señal que reciba del estudio de grabación hacia los receptores de radio.

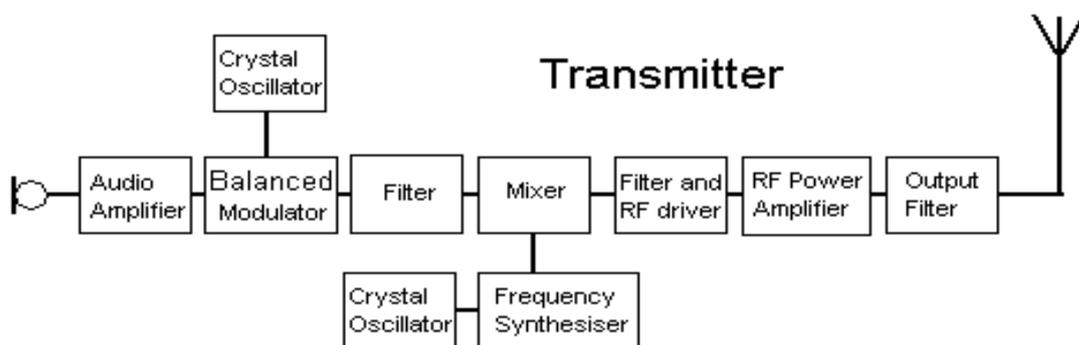


Figura 3.14 - Esquema módulos transmisor FM. (Fuente: [Brats-qth.org](https://brats-qth.org))

³³ Colaboradores de Wikipedia. (2021, 14 abril). *Radiotransmisor*. Wikipedia, la enciclopedia libre. <https://es.wikipedia.org/wiki/Radiotransmisor>

En el caso de las emisoras de radio, el tipo de transmisión utilizado por los sistemas es de tipo unidireccional o simplex, es decir, únicamente existirá transferencia de información desde el emisor (Tx) hacia el receptor (Rx).

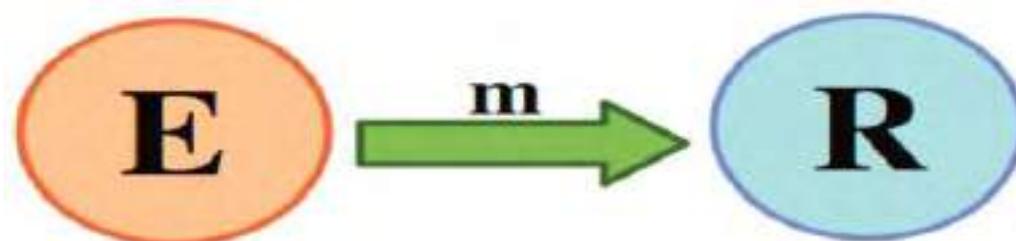


Figura 3.15 - Diagrama de transmisión unidireccional. (Fuente: Cibercorresponsales.org)

3.6.1 Transmisor FM Harris ZX1000

El equipamiento broadcast de la empresa norteamericana GatesAir^{34 35} es, desde sus inicios en 1922, referente a nivel mundial en el sector de la radiodifusión, tanto en equipamiento como en servicio de transmisión de radio y de televisión terrestre. La compañía se encargó en 2010 en colaboración con su socio local (Techsys) bajo la supervisión de la extinta ORINFOR (actual RBA) de reconstruir todo el sistema de difusión de radio y televisión de Radio Ruanda y TV Ruanda³⁶. Todo ello formaba parte del cumplimiento del programa “Visión 2020”.

En tal hazaña, se reconstruyeron 14 centros emisores en todo el país para respaldar las operaciones de radio FM y televisión DVB-T. En total, se instalaron 31 transmisores FM de estado sólido utilizando una combinación de unidades Harris ZX1000 FM de 1 kW y Harris Z5CD de 5 kW.

³⁴ Wikipedia contributors. (2020, 9 noviembre). *GatesAir*. Wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/GatesAir>

³⁵ *StackPath*. (s. f.). www.Gatesair.es. Recuperado 16 de julio de 2021, de <https://www.gatesair.com/es/media-center/news/harris-broadcast-introduces-low-power-vhf-transmitter-series-for-global-sta>

³⁶ Ross, C. T. (2011, 24 enero). *Transmission Renaissance for Rwanda*. Radio World. <https://www.radioworld.com/news-and-business/transmission-renaissance-for-rwanda>



Figura 3.16 - Transmisor Harris ZX1000 FM. (Fuente: Fccid.io)

La serie ZX de Harris posee un transmisor analógico principal muy utilizado como unidad de radio FM o en combinación con amplificadores adicionales para grandes centros emisores, e incluso como equipo de transmisores de emergencia. Los transmisores utilizan los mismos módulos de RF que implementa el ultra fiable transmisor Platinum Z line, transmisor muy popular en el mundo al estar presente en más de 3.000 centros emisores. Internamente, sus sistemas de arquitectura analógica y digital son sencillos y compactos para ofrecer una incomparable fiabilidad y rendimiento, para así reducir significativamente el coste de adquisición y funcionamiento. Los transmisores Harris, cumplen o exceden todas las especificaciones aplicables de la FCC, la Industry Canada, CCIR y IEC-215.

Sus características técnicas principales son:

Potencia de salida	Ajustable: 250 - 1100 W
Conector de salida - Impedancia	Tipo N - 50 Ohm
Dimensiones (Ancho x Largo x Alto)	484 x 478 x 88 mm
Dimensiones Rack 19"	5U
Peso	28 kg
Fuente de alimentación	90 - 264 VAC 47 - 63 Hz monofásica
Factor de potencia	98%
Temperatura de trabajo	0 °C a +50 °C
Máxima altitud de trabajo	3.000 m s. n. m.

Consumo de potencia	2.000W máximo; 1.900W típico
Ruido	50 - 55 dB
Precio	5.185 \$

Tabla 3.3 - Características transmisor Harris ZX1000 FM. (Fuente: Fccid.io)

3.6.2 Transmisor FM CTE TX1-HE

Los transmisores FM³⁷ de la marca CTE Digital Broadcast, están muy extendidos en las instalaciones de los centros emisores de las radios comerciales de Ruanda. Se trata de una empresa especializada en tecnología de radiofrecuencia que desarrolla equipamiento broadcast desde 1946, todo su equipamiento está desarrollado y fabricado en Italia, cumpliendo con todos los requisitos de los estándares de la RTTE europea.



Figura 3.17 - Transmisor CTE TX1-HE. (Fuente: Ctedb.com)

Los transmisores de la serie TX están basados en la última tecnología de RF, capaz de aumentar la eficiencia total del equipo, reduciendo sus dimensiones y peso, así como otorgando una alta fiabilidad y estabilidad a los equipos gracias a sus amplificadores de estado sólido con transistores de tecnología **MOSFET**. Esto garantiza una mayor eficiencia energética y una mejora en términos de fiabilidad, puesto que en caso de avería de un semiconductor, continúa el funcionamiento del equipo con potencia reducida.

³⁷ RadioWorld. (2008, 23 octubre). *CTE presenta nuevos transmisores de FM*. <https://www.radioworld.com/global/cte-presenta-nuevos-transmisores-de-fm>

Además se caracterizan por ofrecer en torno a un 20% más de tiempo medio entre fallos en comparación con el resto de modelos del mercado de similares características.^{38 39 40}

Sus características técnicas principales son:

Potencia de salida	Ajustable: 10 - 1000 W
Conector de salida - Impedancia	7/16 hembra - 50 Ohm
Dimensiones (Ancho x Largo x Alto)	484 x 478 x 88 mm
Dimensiones Rack 19"	2U
Peso	11 kg
Fuente de alimentación	230 VAC +- 15% monofásica
Factor de potencia	99%
Temperatura de trabajo	0 °C a +45 °C
Máxima altitud de trabajo	2.500 m s. n. m.
Número de ventiladores	Módulo RF: 1 ventilador de velocidad variable Fuente de alimentación: 1 ventilador
Ruido	50 - 55 dB
Precio	4.350 €

Tabla 3.4 - Características técnicas transmisor CTE TX1-HE. (Fuente: Ctedb.com)

³⁸ Yumpu.com. (s. f.). *TX 1 - Broadcasting Services*. Recuperado 16 de julio de 2021, de <https://www.yumpu.com/en/document/read/38525414/tx-1-broadcasting-services>

³⁹ *TX 05 CTE DIGITAL BROADCAST*. (2012, 29 octubre). YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=dAB_3GgRzv8

⁴⁰ *TRANSMISOR CTE FM TX1-HE SERIES*. (2015, 16 enero). YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=bvzj0avjI94>

3.6.3 Transmisor FM VIMESA BLUE PLUS 1000 LCD

El equipamiento de radiodifusión de la empresa española Video Medios S.A (VIMESA), desde 1985 está presente en más de 15 países con más de 10.000 equipos instalados, sobre todo en España y Latinoamérica. Se encargan del diseño, fabricación, suministro, mantenimiento y reparación de equipamiento de radio y sistemas radiantes de FM, AM, radiofrecuencia, y del transporte de señales de audio y vídeo sobre cualquier medio.



Figura 3.18 - Transmisor VIMESA BLUE PLUS 1000 LCD. (Fuente: Jarcom.com)

La serie de transmisores Blue Plus de VIMESA se caracteriza por poseer una alta eficiencia, un mínimo espacio. Dichos transmisores son potentes y económicos, y utilizan amplificadores RF con la última generación de semiconductores de potencia LDMOS, presentando así una extremadamente baja distorsión, junto con un control de potencia automático. Éste, a su vez, permite mantener estable la potencia de RF preseleccionada. Su generador estéreo es de muy altas características, admite entradas de señales analógicas y digitales, óptica y audio IP. Incluye filtro de armónicos RF, ofrece una alta pureza espectral y cumple con las normativas CCIR y FCC.

Sus características técnicas principales son:

Potencia de salida	Ajustable: 0 - 1000 W
Conector de salida - Impedancia	7/16 hembra - 50 Ohm
Dimensiones (Ancho x Largo x Alto)	483 x 470 x 88 mm
Dimensiones Rack 19"	2U
Peso	15 kg

Fuente de alimentación	90 - 260 VAC 50 - 60 Hz monofásica
Factor de potencia	98%
Temperatura de trabajo	-10 °C a +45 °C
Máxima altitud de trabajo	2.000 m s. n. m.
Número de ventiladores	Módulo RF: 1 ventilador de velocidad variable Fuente de alimentación: 2 ventiladores
Ruido	< -56 dB
Precio	4.550 €

Tabla 3.5 - Características técnicas transmisor VIMESA BLUE PLUS 1000 LCD.

(Fuente: Vimesa.es)

3.7 Radioenlaces

Se denomina radioenlace o “enlace de microondas”, a cualquier sistema de interconexión entre terminales de comunicaciones que se efectúe a través de ondas electromagnéticas, entre los 300 MHz y los 30 GHz (según la ITU) o entre 1 GHz y 30 GHz (según la CEI y el IEEE). En él se realiza una transmisión de datos mediante ondas de radio, realizándose entre dos o más ubicaciones distintas. Un sistema de radioenlace básico requiere, al menos, de un transmisor, un receptor, dos líneas de transmisión y dos antenas. Recientemente los radioenlaces han cobrado mucha utilidad a nivel usuario puesto que entre los muchos usos que presentan, han permitido distribuir conexión a internet en zonas poco accesibles o con poca densidad de población, como es el caso del medio rural.



Figura 3.19 - Ejemplo de radioenlace. (Fuente: Analfatecnicos.net)

Los radioenlaces pueden ser de dos tipos atendiendo a su conectividad, punto a punto, o punto a multipunto. Los enlaces punto a punto conectan dos ubicaciones entre sí, por ejemplo para enviar la señal de emisión de un estudio de radio a un centro emisor para su radiodifusión; o punto a multipunto, como podría ser el caso de una emisora de radio de carácter nacional, que envía su señal principal a las emisoras de radio regionales o locales situadas en diferentes localizaciones para ser reproducida durante un espacio temporal determinado. Este tipo de emisión se conoce como “emisión en cadena”.⁴¹

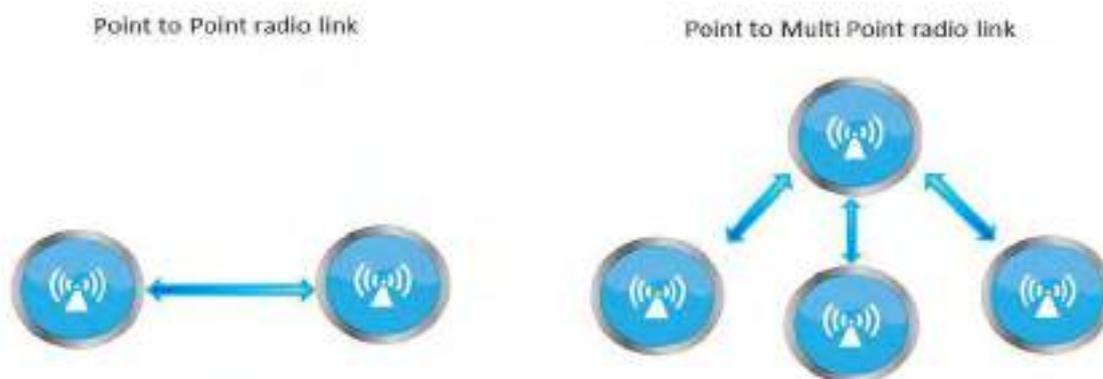


Figura 3.20 - Enlace Punto a Punto vs Punto a Multipunto. (Fuente: BridgesystemsLtd.com)

Existen diferentes tipos de radioenlaces, pero en lo referente a comunicaciones utilizadas en estaciones de radio, los más habituales son, atendiendo a la ubicación del terminal, los de tipo satelital y los de tipo terrestre. Posteriormente detallaremos otro tipo de enlace alternativo a los anteriormente citados.

3.7.1 Satelitales

En este tipo de enlaces, al menos uno de los repetidores se encuentra generalmente en órbita geoestacionaria, sirviéndose de las diferentes capas de la atmósfera terrestre para propagar las ondas electromagnéticas a través de estas. Un tipo de enlace muy habitual en medios de comunicación para retransmisión de eventos, tanto en televisión como en radio, consiste en una unidad móvil la cual consta de una antena parabólica motorizada, capaz de orientarse hacia el satélite que actuará de repetidor, el cual a su vez, enviará la señal a otra antena parabólica orientada hacia el mismo satélite, que recibirá la señal transmitida.

⁴¹ Melián, C. J. G. (2017, 17 febrero). *Radio y Televisión; Emisiones en cadena*. Melián Abogados. <https://mymabogados.com/radio-y-television-emisiones-en-cadena>

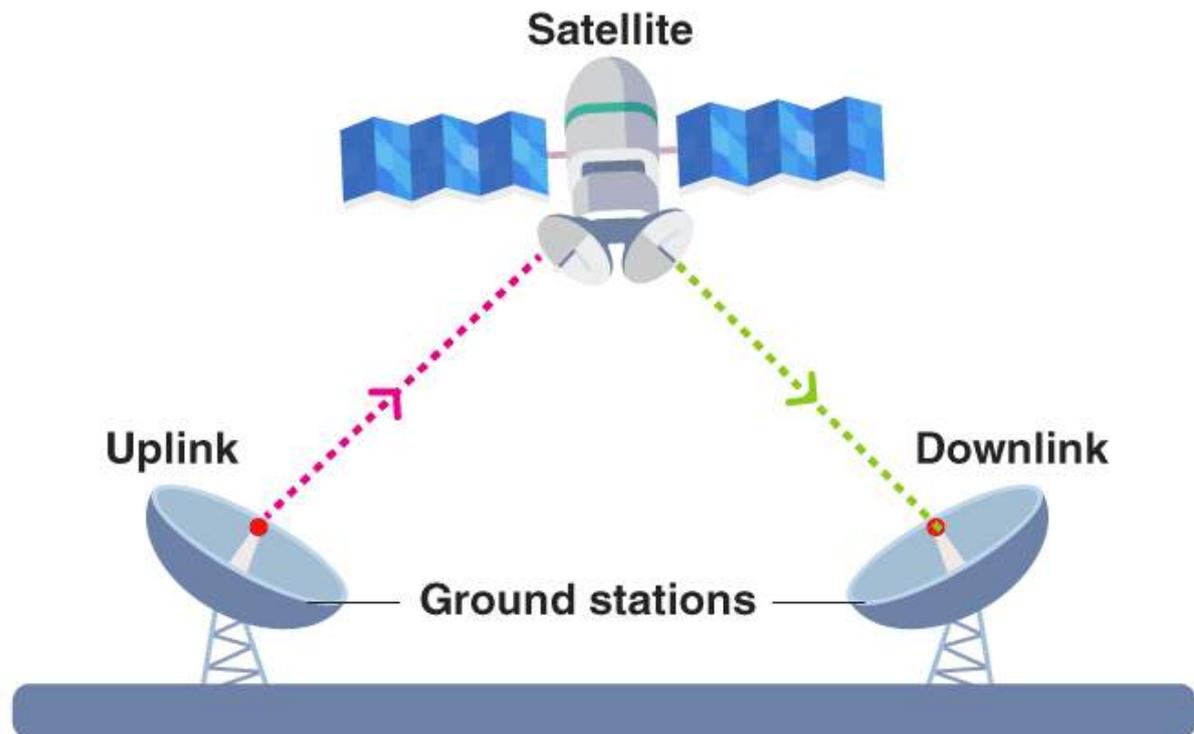


Figura 3.21 - Ejemplo radioenlace satélite. (Fuente: Byjus.com)

Estos enlaces se sitúan en la superficie de la tierra, generalmente en cotas elevadas, como pueden ser montañas o azoteas de edificios altos, para garantizar el alcance y evitar interferencias producidas por obstáculos, puesto que es necesario tener línea de visión directa entre ambos equipos para minimizar al máximo las interferencias. A la hora de elegir el tipo de radioenlace a escoger, se ha de tener en cuenta si se hará para una banda de frecuencias de uso libre o para una banda de frecuencias de uso licenciada, para la cual es necesario contar con una concesión administrativa para su utilización. Para ello, se deben de considerar las características del tráfico de datos a transmitir, dado que factores como el ancho de banda permitido en cada una de las bandas o la distancia entre las ubicaciones, puede condicionar la elección de una u otra banda de frecuencias. Por ejemplo, en España, existen unas bandas de frecuencia asignadas con unos canales definidos para el envío de señales entre emisoras de radio y centros emisores, como es el caso de las frecuencias asignadas entre los 1.500 MHz y los 1.600 MHz para radio o de 2.400 MHz, 10 GHz y 21 GHz para televisión. En cambio, en Rwanda, según la RURA, existen ciertas bandas de frecuencias reservadas a servicios auxiliares de radiodifusión o broadcast, a través de las cuales se puede realizar el envío de datos desde un estudio de radio hacia un centro emisor, pero serán detalladas previo acuerdo con la administración.



Figura 3.22 - Ejemplo radioenlace terrestre. (Fuente: Ccpt.com)

3.7.2 Vía IP

Una alternativa al radioenlace clásico es utilizar internet para poder transportar los datos que se precisen desde un punto A hasta un punto B situado en cualquier punto del mundo, sin necesidad de desplegar una infraestructura específica como pueda ser una tirada de cable o un radioenlace, o sin solicitar ningún tipo de licencia administrativa. Es por ello que si contamos con una conexión estable a internet en ambas ubicaciones, nos podemos hacer servir de un equipo de codificación IP en un extremo y de un equipo de decodificación IP en el otro. En este caso, se emplearían dos audiocodificadores IP o audio codecs IP, los cuales permiten establecer comunicaciones bidireccionales estables entre dos ubicaciones, utilizando la infraestructura de internet (fibra, ADSL, WiMAX, WIFI, 4G, etc). Estos equipos son la evolución de los audio códecs que originariamente se conectaban a las líneas RDSI, cada vez menos habituales. Evolucionan hasta tal punto que, a día de hoy, algunos modelos permiten insertar en ellos una o incluso varias tarjetas de telefonía móvil de tipo SIM, y poder realizar las conexiones a internet a través de cobertura 4G.



Figura 3.23 - Esquema conexión Audio Códec IP. (Fuente: Broadcaststoreeurope.com)

El mercado ofrece gran variedad de codecs de audio de infinidad de empresas y con diversas funcionalidades, pero todos poseen las mismas características básicas: admiten entrada/salida de audio analógica o digital, permiten conexión a internet y establecen una comunicación punto a punto o punto a multipunto.^{42 43}



Figura 3.24 - Audiocodificador Preco Tieline Genie IPv6. (Fuente: Panoramaaudiovisual.com)

Esta alternativa a los radioenlaces clásicos, se ha extendido gracias al abaratamiento de los audiocodificadores, y entre sus numerosas ventajas presenta la no necesidad de tramitar ningún tipo de licencia administrativa, el largo alcance de las comunicaciones con un retardo muy bajo, o la configuración del equipo de manera remota, entre otros.

3.8 Filtros FM

Un filtro⁴⁴ es un componente eléctrico, electrónico o pasivo que puede atenuar, corregir o rechazar un rango determinado de frecuencia dentro de cualquier tipo de señal.

⁴² Ruesca, P., & Ruesca, P. (2017, 10 febrero). *Radio Enlace - ¿Que es un Radioenlace?* - Radiocomunicaciones. Radiocomunicaciones Blog Técnico. <http://www.radiocomunicaciones.net/radio/radio-enlace-que-es-un-radioenlace/#:%7E:text=Se%20puede%20definir%20a%20radio,800%20MHz%20y%2042%20GHz>.

⁴³ Soluciones, A. (2020, 30 marzo). *¿Qué tipos de radioenlaces puedes encontrar en Alora Soluciones?* Alora Soluciones. <https://www.alora-soluciones.es/que-tipos-de-radioenlaces-puedes-encontrar-en-alora-soluciones/>

⁴⁴ Mecafenix, I. (2021, 4 enero). *¿Qué es un filtro de frecuencia y qué tipos existen?* Ingeniería Mecafenix. <https://www.ingmecafenix.com/electronica/filtro-de-frecuencia/>

Clasificándose en filtros activos, si presentan componentes que requieren algún tipo de alimentación externa o pasivos, si no precisan de alimentación alguna.

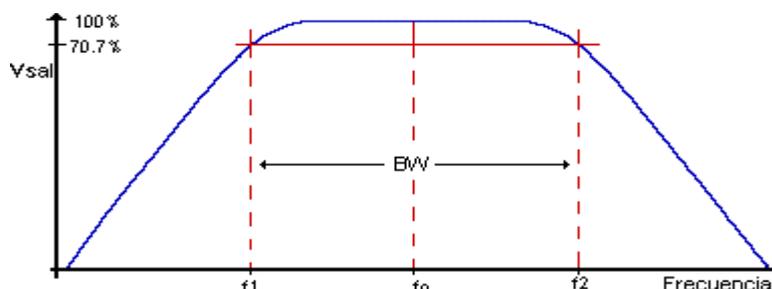


Figura 3.25 - Esquema filtro pasa banda. (Fuente: Ro.onlinesale2021.ru)

La gran importancia que cobra el filtrado de las señales a día de hoy, es debida a que vivimos en un mundo rodeado de frecuencias electromagnéticas de todo tipo, televisión, radiodifusión, telefonía móvil, internet, etc, es por ello que en el mundo de las telecomunicaciones es cada vez más importante y necesario filtrar las señales debido a la progresiva saturación del espectro radioeléctrico. La utilización de filtros en los procesos de transmisión y recepción de señales, busca asimilar las mismas a la transmisión ideal. Es por ello que en transmisiones FM se utilizan los filtros de cavidades resonantes, por ser los más eficaces.

Estos filtros resonadores se fabrican colocando un conductor cilíndrico en el eje de una cavidad de sección rectangular o circular, asimilando su aspecto al de un cable coaxial. El ajuste de la frecuencia de resonancia se efectúa variando la altura del conductor interior, es decir, moviéndolo en el interior de la cavidad. A través de unos **conectores**, los cuales pueden estar soldados o acoplados de manera inductiva o capacitiva, que se encuentran situados en la pared exterior del filtro, la señal se introduce en la cavidad y, tras su recorrido por el interior del filtro, sale del mismo a través de un conector idéntico al de entrada situado en la pared exterior opuesta. El factor de calidad de las cavidades ha de ser muy elevado para obtener un buen ajuste, por contrapartida, el tamaño de este tipo de filtros es grande dado que el conductor interior debe de tener una altura igual a un cuarto de la longitud de onda para la frecuencia a la cual se va a utilizar. Por eso, los filtros de este tipo para FM son muy grandes.

Además, presentan tres parámetros a tener muy en cuenta: la atenuación de paso, la adaptación y la selectividad. Las pérdidas de inserción en la banda de paso de un filtrado del tipo pasa-banda son el elemento crucial de sus prestaciones porque:

- Son inversamente proporcionales al factor de calidad de los elementos resonantes.
- Aumentan la atenuación al disminuir el ancho de banda relativo del filtro.
- Disminuye la pérdida con la mejora de la adaptación (R.O.E.)
- Se incrementa la atenuación al aumentar el número de cavidades del filtro.



Figura 3.26 - Diagrama filtro cavidades. (Fuente: Measuretronix.com)

Otro factor a considerar son los materiales con los que se fabrican este tipo de filtros, siendo los materiales más utilizados el cobre, el latón, el aluminio y el acero inoxidable, materiales a los que se les consigue mejorar su resistividad eléctrica y resistencia al ambiente con diversos baños electrolíticos, como la plata, el oro y el Alodine. Los materiales aislantes utilizados fundamentalmente son el P.T.F.E. (Teflón) y el Poliacetal (Delrin).

Generalmente los filtros de cavidades resonantes más utilizados en transmisiones FM presentan 1, 2, 3 o 4 cavidades, siendo estos últimos los menos frecuentes dado su gran tamaño, además estos filtros deben estar sintonizados a la frecuencia de emisión, es por ello que el ajuste se realiza en fábrica con equipamiento especializado para garantizar su

máxima precisión, y se ha de tener presente que su potencia máxima ha de ser la misma a la del transmisor que le precede.^{45 46}



Figura 3.27 - Filtro FM pasa banda resonante unicavidad Lamda CP 3 AQ. (Fuente: Lambdaantenas.com)

3.8.1 Filtros Bicavidad y Tricavidad

Estos filtros son el resultado de la unión de dos o tres filtros RF de cavidad, respectivamente, y son las combinaciones de filtros más utilizadas en centros emisores de FM por su relación prestaciones/tamaño. Sin dejar de lado que a mayor número de cavidades, mayor es el tamaño de los mismos y mayor es la dificultad de ajuste del dispositivo, el beneficio es obtener una mayor selectividad del filtro.

Por otro lado, utilizando la modalidad de filtrado pasa banda, permitimos el paso de la frecuencia FM a la cual deseamos emitir, atenuando lo máximo posible el resto de frecuencias situadas por encima o por debajo de la misma con la mayor selectividad

⁴⁵ IBROAD. (2019, 30 septiembre). *FILTROS FM*. <https://www.ibroad.es/productos/filtros-fm/?cn-reloaded=1>

⁴⁶ Colaboradores de Wikipedia. (2019, 11 octubre). *Factor de calidad*. Wikipedia, la enciclopedia libre. https://es.wikipedia.org/wiki/Factor_de_calidad

posible. Con ello permitimos eliminar ruidos y espúreos que puedan interferir con la frecuencia que queremos transmitir, todo ello manteniendo un buen equilibrio entre las pérdidas de inserción, normalmente del orden de entre -0.5 y -3dB y la selectividad, dado que a mayor selectividad, mayores pérdidas.



Figura 3.28 - Filtros VIMESA FM 2 kW Bicavidad (derecha) y Tricavidad (izquierda).
(Fuente: Vimesa.es)

3.8.2 Multiplexores FM

Se denominan multiplexores^{47 48} a los sistemas que combinan varias señales de entrada y las transmiten a través de una única salida.

⁴⁷ Video Medios SA. (2019, 6 marzo). *Multiplexores*. VIMESA. <https://www.vimesa.es/multiplexores/>

⁴⁸ IBROAD. (2020, 22 septiembre). *MULTIPLEXORES FM*. <https://www.ibroad.es/productos/multiplexores-fm/>



Figura 3.29 - Ejemplo multiplexación - demultiplexación por división de frecuencia (FDM). (Fuente: Electronicaradical.blogspot.com)

Los multiplexores para FM son el resultado de la combinación de varios filtros interconectados entre sí en función de la topología empleada en su diseño, permitiendo que varias frecuencias compartan un mismo sistema radiante sin interferir entre ellas, a la vez que son filtradas. Todo ello manteniendo eléctricamente aislados los transmisores, para poder combinar la mayoría de canales (emisoras de radio que trabajan a distintas frecuencias) de un centro emisor. Así, se logra que se emitan por la misma antena o sistema radiante frente a la opción de emitir cada señal por una antena independiente, lo que conlleva evitar tener las torres repletas de sistemas radiantes. En la actualidad, existen sistemas de multiplexación capaces de multiplexar potencias de hasta 20 kW con una separación entre señales de 0.6 MHz.

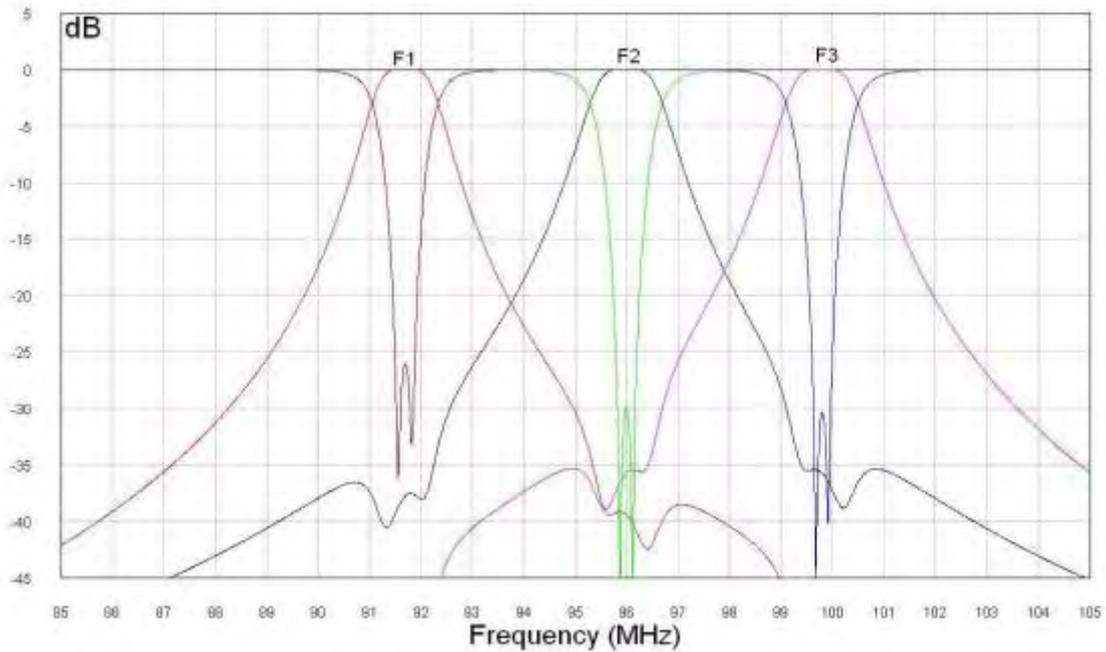


Figura 3.30 - Gráfica ejemplo triplexor VIMESA STAR POINT. (Fuente: Vimesa.es)

El sistema de diplexores más utilizados en FM dada sus buenas características y su moderado coste, es el que conforma una topología tipo estrella, también denominado star-point, el cual se compone de dos filtros pasa-banda dispuestos tal y como se indica en la Figura X.



Figura 3.31 - Esquema diplexor star-point. (Fuente: Ibroad.es)

En este sistema, el aislamiento entre entradas proporciona el rechazo que presenta el filtro a la frecuencia opuesta, lo que además nos limita la separación mínima entre frecuencias. En estos casos, para filtros de dos cavidades la separación entre frecuencias debe de ser superior a 2,5 MHz, en cambio para filtros de tres cavidades, basta con una separación mínima de 1,2 MHz. Una buena adaptación se consigue logrando que las líneas de unión

entre los filtros y la estrella. Han de ser de una longitud tal que, desde el punto de vista de la unión, cada filtro cargue a la frecuencia del otro con una impedancia muy alta, siendo lo más próxima posible a un circuito abierto. La ventaja más destacada de este sistema es que es capaz de adaptar impedancias, pudiendo obtener que el transmisor vea una buena carga a su salida, pese a que la adaptación de la antena no sea muy buena.



Figura 3.32 - Triplexor FM tipo estrella VIMESA STAR POINT. (Fuente: Vimesa.es)

Por otro lado, el tipo de diplexores utilizados en FM que logra obtener mayores prestaciones es el de impedancia constante. Se basan en acopladores híbridos de cuadratura y son frecuentemente utilizados cuando se precisan muchos requisitos técnicos. Sus principales características son:

- Diplexación de frecuencias muy próximas
- Alto aislamiento entre entradas
- Alta eliminación de espurios de intermodulación
- Capacidad de ampliación con la suma “N” de frecuencias

Se componen de dos filtros pasa-banda de 2, 3 o 4 cavidades resonantes, dependiendo de la proximidad entre las frecuencias a multiplexar, dos acopladores de -3 dB y una carga en equilibrio, interconectándose con líneas de alta calidad.



Figura 3.33 - Diplexor FM de impedancia constante IBROAD. (Fuente: ibroad.es)

3.9 Cables y Conectores

El cable es el soporte físico por el que se interconecta el equipamiento, ofreciéndonos una comunicación bidireccional entre los elementos.

Los cables utilizados para la interconexión de los equipos de un estudio de radio y del centro emisor son de tipo coaxial y se denominan cables coaxiales⁴⁹, se caracterizan por disponer de un elemento central generalmente de cobre denominado “vivo” y un apantallamiento de metal trenzado denominado “malla” que actúa como tierra, ambos están separados por un material dieléctrico que realiza la función de aislante y todo ello está protegido por una cubierta exterior plástica.

⁴⁹ EA7AHG. - *Cable coaxial*. (s. f.). www.sites.google.com. Recuperado 16 de julio de 2021, de <https://sites.google.com/site/ea7ahg/antena/cables-coaxiales>

La impedancia de los cables coaxiales empleados para las comunicaciones de RF debe de estar comprendida entre los 50Ω y los 52Ω .



Figura 3.34 – Diagrama cable coaxial. (Fuente: Google.com)

3.9.1 Tipos de cables RF

Los cables utilizados con mayor frecuencia en las instalaciones del equipamiento situado en los centros emisores son:

- RG-214
- LMR-LW400
- CELLFLEX ¼"
- CELLFLEX ½"
- CELLFLEX ⅞"

Todos ellos poseen una impedancia característica de 50Ω y son adecuados para señales de alta potencia y conexiones de radiofrecuencia.

A continuación detallamos sus características más destacables en la **tabla 3.6**.

Modelo	Frecuencia Máxima (MHz)	Factor de Velocidad	Capacidad (pF/m)	Atenuación Máxima 100m (MHz-dB)		Precio (€/m)
RG-214	3000	0,66	100	100	6,7	2,40
				500	16,10	
				1750	35,20	
LMR-LW400	8000	0,84	78,4	100	2,90	2,90
				450	8,90	
				1800	18,60	
CELLFLEX ¼"	15800	0,83	80	100	4,20	3,30
				500	9,65	
				1800	19,10	
CELLFLEX ½"	8800	0,88	76	100	2,18	3,85
				500	5,04	
				1800	10,10	
CELLFLEX ⅜"	5000	0,90	74,0	100	1,16	7,00
				500	2,70	
				450	5,44	

Tabla 3.6 – Características cables coaxiales para radiofrecuencia. (Fuente: Elaboración propia)

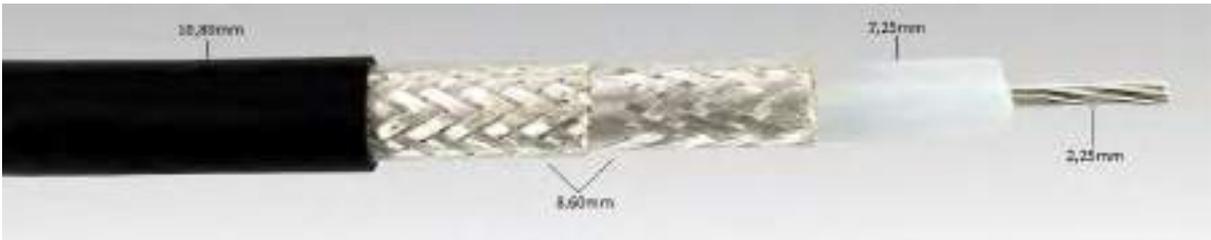


Figura 3.35 – Cable coaxial RG-214. (Fuente: Cervi.es)

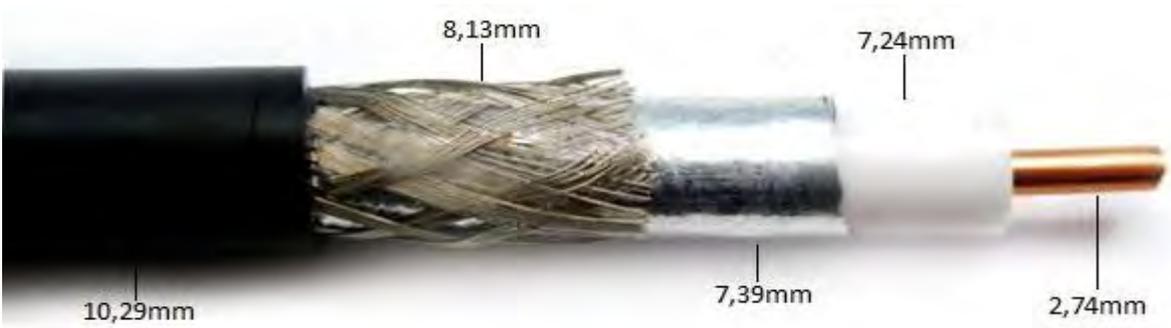


Figura 3.36 – Cable coaxial LMR-LW400. (Fuente: Cablewindow.com)

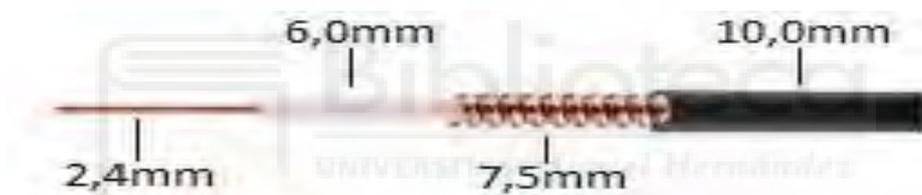


Figura 3.37 – Cable coaxial CELLFLEX 1/4". (Fuente: Radiofrequencysystems.com)



Figura 3.38 – Cable coaxial CELLFLEX 1/2". (Fuente: Repeatershop.nl)



Figura 3.39 – Cable coaxial CELLFLEX 7/8". (Fuente: Sdradio.es)

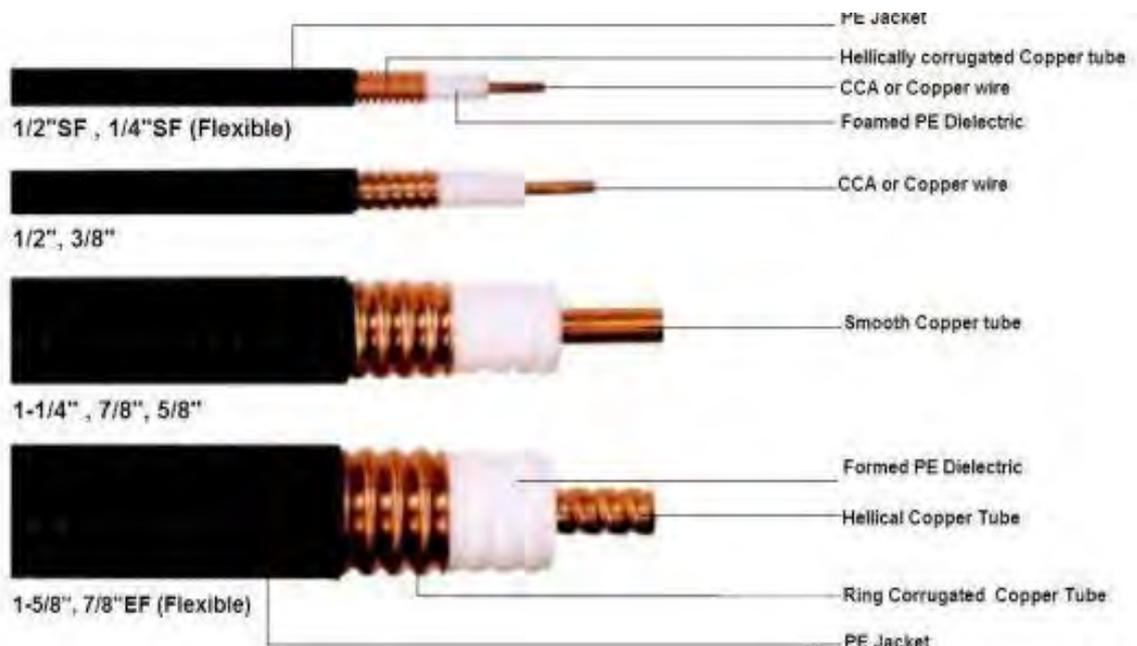


Figura 3.40 – Comparativa cables CELLFLEX ¼”, ½”, ¾”, 5/8” y 7/8”. (Fuente: Pt.made-in-china.com)

3.9.2 Pérdidas por transmisión

El hecho de conectar los diversos elementos que forman parte del equipamiento de la estación terrena entre sí a través de cable coaxial implica unas pérdidas en la señal. Prueba de ello son las pérdidas por transmisión o atenuación y se cuantifican en dB/m.

La atenuación en las líneas de transmisión es causada por la resistividad intrínseca de los conductores, así como por las pérdidas en el dieléctrico y es directamente proporcional a la frecuencia, entre otras cosas, como consecuencia del efecto pelicular en los conductores y del factor de pérdidas en el dieléctrico. En la mayoría de los dieléctricos empleados habitualmente en las líneas, como el teflón, polietileno, aire, etc., el factor de pérdidas es muy pequeño, del orden de 2×10^{-4} , por lo que las pérdidas en el dieléctrico son pequeñas comparadas con las pérdidas en los conductores.

La atenuación varía con la raíz cuadrada de la frecuencia y, para conductores de cobre, es válida la siguiente fórmula.

$$\alpha = \frac{0.013}{Z_0} \left(\frac{1}{D} + \frac{1}{d} \right) \sqrt{f} \quad \text{dB/m}$$

Figura 3.41 – Ecuación de la atenuación para conductores de cobre. (Fuente: UNICAN.es)

Donde f es la frecuencia en MHz y Z_0 , la impedancia característica de la línea coaxial dada por:

$$Z_0 = \frac{138}{\sqrt{\epsilon_r}} \log\left(\frac{D}{d}\right)$$

Figura 3.42 - Ecuación de la impedancia característica de las líneas coaxiales. (Fuente: UNICAN.es)

En que ϵ_r es la permitividad relativa o constante dieléctrica. De (3.1) puede determinarse que la atenuación es mínima para $D/d = 3.59$, lo que resulta en una impedancia de 77Ω para el aire.⁵⁰

3.9.3 Conectores RF

Los conectores son los encargados de unir los cables coaxiales y las líneas de transmisión al equipamiento, por lo que deben de formar conexión que mantenga una impedancia constante y presente bajas pérdidas entre los equipos a interconectar. Han de ser resistentes, robustos y blindados ante interferencias externas producidas por otros equipos.

De entre el amplio catálogo de conectores que existen en el mercado, y en concreto para su uso en radiofrecuencia, a continuación se detallan los más habituales en instalaciones de equipos de radiotransmisión, concretamente los utilizados en el equipamiento de las emisoras de radio y en el alojado en los centros emisores.

a) Conectores BNC

Los conectores BNC⁵¹ son conectores de impedancia constante que permiten una conexión/desconexión rápida del cable coaxial y presentan un cierre de tipo bayoneta.

⁵⁰ Información sobre las líneas de transmisión y las pérdidas por atenuación, Libro “Sistemas de Telecomunicación”, Universidad de Cantabria, Constantino Pérez Vega (2007)

⁵¹ Colaboradores de Wikipedia. (2021, marzo 15). *Conector BNC*. Wikipedia, la enciclopedia libre. https://es.wikipedia.org/wiki/Conector_BNC

Son muy utilizados en aplicaciones de equipos de testeo, adquisición y distribución de señal, permiten frecuencias de trabajo de hasta 1 GHz a un bajo coste. Generalmente se usan en latiguillos de interconexión entre equipos próximos entre sí y con baja potencia, como es el caso de la unión entre el generador RDS y el transmisor o entre el procesador de audio y el radioenlace.



Figura 3.43 – Conector BNC 50 Ohms. (Fuente: Distrelec.biz)

b) Conectores N

Los conectores tipo N presentan muy buenas características en la banda de frecuencia de las microondas, siendo su rango de frecuencia entre 0 y 11 GHz, además, son resistentes a la intemperie, tienen muy buen VSWR y su tensión de pico máxima es de 1500V.



Figura 3.44 – Conector N. (Fuente: Cetronic.es)

c) Conectores DIN

Los conectores DIN son específicos para sistemas de infraestructuras de comunicaciones RF de alta potencia en un rango de frecuencias de hasta 7,5 GHz y que necesiten bajas pérdidas. Su uso suele estar aplicado a equipos de alta potencia, como es el caso de los

componentes del sistema radiante, tales como las antenas, y a equipamiento de radiofrecuencia, como son los radiotransmisores⁵² o los radioenlaces de microondas.



Figura 3.45 – Conector DIN 7/16". (Fuente: Spanish.alibaba.com)

d) Conectores EIA

Son conectores especialmente diseñados para conexiones de RF con condiciones ambientales severas, puesto que opcionalmente pueden presentarse con barrera de gas para proteger las uniones con equipos de elevada potencia, dado que soportan hasta 300 kW, con una intermodulación baja, así como pérdidas de inserción muy bajas, de entorno a 0,05 dB. Su uso más habitual es en la interconexión de equipos de alta potencia, como es el caso de los filtros de cavidades o los multiplexores de antenas, utilizados en los centros emisores.⁵³

⁵² *Todo sobre la transmisión por radio FM y AM: PCS Electronics.* (s. f.). www.pcs-electronics.com. Recuperado 16 de julio de 2021, de https://www.pcs-electronics.com/guide_coax.php?language=es&osCsid=660d4fa2c3317795a3dcffea469bae59

⁵³ *COMMSCOPE H7FB-110-S, Conector Coaxial Aire 1 5/8" EIA, para cable 1 5/8" HJ7-50A.* (s. f.). [advicom](http://www.advicom.com). Recuperado 16 de julio de 2021, de <https://www.advicom.ec/product-page/commscope-h7fb-110-s-conector-coaxial-aire-1-5-8-eia-para-cable-1-5-8-hj7-50a>



Figura 3.46 – Conector EIA 5/8". (Fuente: Advicom.ec)

3.10 Soportes

El soporte es la estructura encargada de mantener anclada y elevada la antena o el sistema radiante de antenas respecto del suelo, proporcionando a estas la altura necesaria para no obstaculizar su campo de visión, fijando así su posición, evitando el movimiento y el cambio de orientación de las mismas.

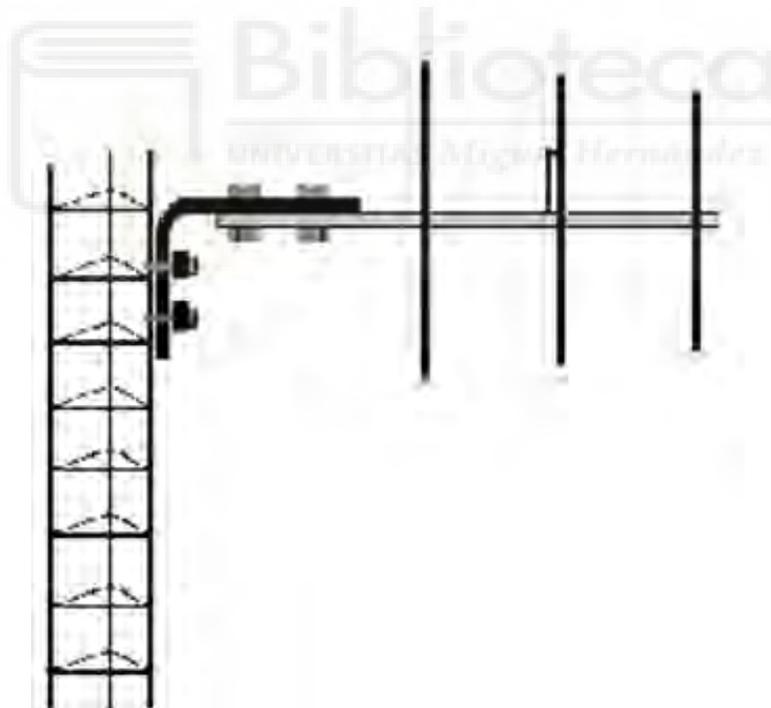


Figura 3.47 – Diagrama soporte antena yagi. (Fuente: Proyectoelectronico.com)

Son varios los tipos de soportes de antenas existentes en el mercado; desde mástiles hasta torres, pasando por soportes con ángulos en forma de L o curvas tipo U, entre otros. A continuación se detallan los más habituales en instalaciones de RF.

3.10.1 Mástiles

Se definen como soportes circulares con la siguiente composición: generalmente un tubo de acero galvanizado diseñado para fijar las antenas a su posición, anclándose perpendiculares a las mismas mediante grapas o abrazaderas de sujeción metálicas. Si el mástil se fija a la pared mediante anclajes o garras se denomina “de celosía”; si son para anclar al suelo se realiza mediante un herraje de suelo. En cambio, si se quieren colocar en una torreta, se emplean unos herrajes regulables a través de los cuales se puede ajustar el ángulo de inclinación correspondiente respecto de las torretas, en caso de utilizarlos como sistema de fijación para implementar arrays de antenas.



Figura 3.48 – Mástil de celosía. (Fuente: TDTprofesional.com)

3.10.2 Torres Arriostradas o Atirantadas

Son estructuras reticuladas en forma de prisma triangular equilátero constante en su extensión. Disponen de cables acerados que actúan como tirantes o tensores para su estabilización y se utilizan en telecomunicaciones como soporte para las antenas de telefonía móvil, radiodifusión y radiofrecuencia. Sus montantes pueden ser fabricados en chapa de acero plegada y las diagonales son de perfil angular o hierro redondo, respectivamente, todo ello galvanizado para prevenir las inclemencias meteorológicas.

Este tipo de mástiles son diseñados para admitir cargas en toda su estructura, limitando las deformaciones de la misma, son muy livianas y económicas en comparación con las torres autoportantes, por el contrario necesitan de un amplio espacio libre para la fijación de los cables tensores, así como una sólida estructura para la fijación de los mismos.



Figura 3.49 – Torre arriostrada. (Fuente: Guzman-nacich.com.ar)

3.10.3 Torres Autoportantes

Se destinan a proyectos permanentes o para instalaciones que requieran soportar equipos y antenas voluminosas, siendo muy habituales en centros emisores de radiodifusión. Pueden presentarse con estructura triangular o cuadrangular dependiendo de su uso, son construidas por tubos o ángulos de acero galvanizado. Se caracterizan principalmente por no necesitar tirantes o tensores para estabilizarse, dado que su propia estructura aunada a una sólida cimentación le permite soportar las fuerzas a las que esté sometida.



Figura 3.50 – Torre autoportante. (Fuente: Producto.mercadolivre.com)

3.11 Mesa de sonido

La mesa de sonido, también denominada consola o “mixer”, es un dispositivo electrónico; analógico, digital, o virtual (DAW) que mezcla, procesa y enruta diferentes señales de entrada hacia diferentes salidas o destinos. Las fuentes de entrada conectadas más habituales son: microfónica, tarjetas de sonido, grabadoras y reproductores, módulos telefónicos, audio codificadores RDSI e IP, sintetizadores, etc.

Las líneas de salida o los destinos son: emisión FM o streaming, sistemas de grabación y copia legal, monitores de estudio y control, líneas telefónicas, conexiones IP, etc.

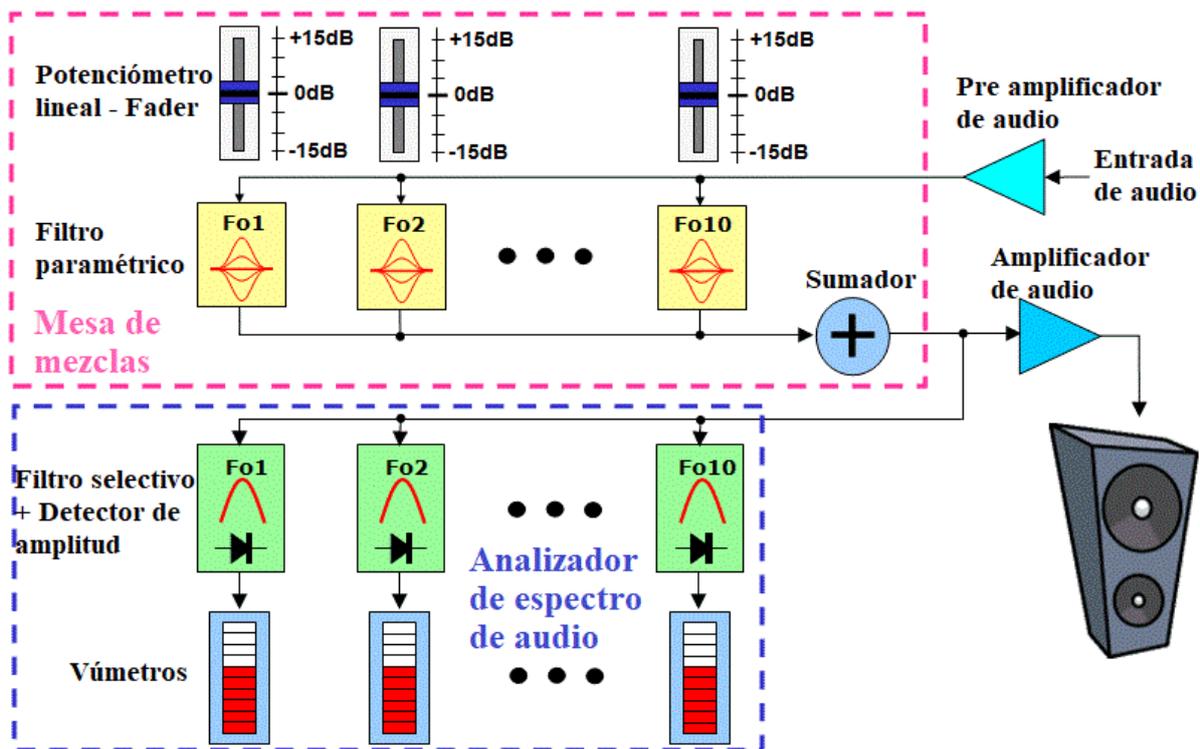


Figura 3.51 - Diagrama mesa de sonido. (Fuente: [Pinterest.fr](https://www.pinterest.fr))

Las consolas de sonido utilizadas en radio se caracterizan por ser muy robustas. Poseen un diseño intuitivo y cómodo para su manejo con accesos rápidos a la activación del canal, incorporan híbridos telefónicos y canales en estéreo; y permiten la activación de listas de reproducción y periféricos a través del sistema *fader start*, así como la activación de los indicadores luminosos ON AIR al activar las líneas de microfonía.

También se diferencian de las mesas de sonido diseñadas para sonorización de eventos y actuaciones musicales en que disponen de pocas salidas auxiliares o de retorno, apenas tienen opciones de procesamientos de efectos o ecualización, más allá del básico potenciómetro de graves, medios y agudos, e incluyen salidas de audio especiales de monitoreo de altavoces seccionados. Permite disponer de un sistema de preescucha para poder escuchar un audio antes de lanzarlo a emisión cuando a su vez se está enviando un contenido distinto o para mantener una conversación bidireccional con una persona en locución fuera de directo; e incluyen también una línea unidireccional denominada *talkback* que se emplea para enviar órdenes o indicaciones desde la zona de control hacia el locutorio cuando se está emitiendo o grabando, sin que esta misma se cuele en la grabación.



Figura 3.52 - Diagrama mesa de sonido broadcast AXEL OXYGEN 3000. (Fuente: Axeltechnology.com)

Las mesas de sonido se catalogan en diferentes tipos y usos. Las que principalmente se utilizan en el ámbito de la radiodifusión son las analógicas y las digitales, siendo estas últimas más caras, pero que de unos años hasta ahora han visto abaratado su precio considerablemente. Se da el caso de alternativas híbridas como pueden ser las mesas de sonido analógicas que incorporan funciones de procesamiento digital de señal o evoluciones de las mesas de sonido como son las mesas de sonido virtuales, implementadas a través de software en ordenadores con interfaces de audio para las conexiones de las señales.

- Mesas de sonido digitales

En ellas, el sonido no transcurre de forma continuada ni pasa directamente a través de los controles, en su interior, un software se encarga de gestionar las instrucciones indicadas en el panel de control a un completo sistema de procesamiento de audio, el cual puede memorizar funciones y posiciones de niveles en forma de presets.

Sus entradas y salidas pueden ser tanto analógicas como digitales, pero su tratamiento interno es digital, esto se debe a que las señales son digitalizadas en su etapa de entrada para poder ser procesadas posteriormente como un dato, lo que permite mantener una alta

relación señal/ruido. En estudios de radio es muy habitual encontrar ya consolas de sonido digitales en prácticamente todo tipo de estudios gracias a su buen resultado y a la bajada de coste que han sufrido este tipo de equipos. Hasta hace unos años esta tecnología únicamente se reservaba a estudios principales de grandes cadenas de radio, hoy en día de manera asidua se pueden encontrar consolas digitales instaladas de empresas referentes como DHD o AEQ.^{54 55}



Figura 3.53 - Consola digital AEQ ATRIUM. (Fuente: Amplify.nabshow.com)

- Mesas de sonido analógicas

Son las mesas de sonido clásicas. En ellas se manejan las señales de audio de forma continua, tanto de entrada como de salida, directamente a través de los faders, potenciómetros y botones que incorpora el panel de control. No requieren de software ni tienen que estar conectadas a un ordenador. Se caracterizan por su sencillez de

⁵⁴ *Todo lo que debes saber antes de comprar una mesa de mezclas (o mesa DJ).* (2020, 30 octubre). SoundsMarket. <https://soundsmarket.com/blog/mesa-de-mezclas/>

⁵⁵ Instalía.eu. (2020, 6 marzo). *Descubre los distintos tipos de mesa de sonido profesional.* Instalía. <https://instalía.eu/mesa-de-sonido-profesional/>

configuración y control, su gran robustez y precio económico, han predominado en los estudios de radio desde sus inicios hasta prácticamente la actualidad. Pese a que todavía siguen en uso en numerosas emisoras de radio trabajando sin problemas, generalmente cuando las emisoras se actualizan acaban siendo reemplazadas por mesas digitales, pero todavía siguen siendo una buena opción para emisoras de radio de bajo coste. Empresas como AXEL o D&R han provisto durante años de mesas de sonido analógicas a gran parte de emisoras de radio.



Figura 3.54 - Mesa de sonido analógica D&R Airlab MKII. (Fuente: Hr.player.morpheusstore.com)

Una alternativa a las mesas de sonido puramente concebidas para el mundo del broadcast, ya sean analógicas o digitales, es la posibilidad de implementar mesas de sonido de estudios de grabación o sonorización de eventos para realizar las mismas labores.

Esto es posible añadiendo equipamiento externo para dotarlas de funcionalidades reservadas para el mundo de la radio. Muestra de ello puede ser utilizar mesas de sonido de más bajo coste e implementar de manera externa módulos híbridos telefónicos o cajas de relés para las funciones de corte de monitoreo o encendido de balizas ON AIR. Así, se pueden encontrar en emisoras de radio o unidades móviles, mesas de sonido de marcas profesionales como Soundcraft, Allen & Heat, Presonus o Yamaha.



Figura 3.55 - Mesa de sonido digital Yamaha 01v96i. (Fuente: Hispanic.com)

3.12 Procesador de audio

El procesador de audio, es un dispositivo basado en un DSP que controla el nivel de señal de salida de la mesa de sonido antes de enviarlo a emisión y lo regula, limitando los picos de modulación en la transmisión de FM, DAB, streaming, etc; para que estén dentro de los parámetros que marca la normativa. Con ello se consigue normalizar la señal de audio y mantener el promedio de la señal próxima al nivel pico, obteniendo la sensación de que el sonido suena más fuerte manteniendo los parámetros establecidos por la legislación vigente.

Las etapas de un procesador de audio suelen ser:



Figura 3.56 - Etapas generales del procesador de audio. (Fuente: elaboración propia)

Generalmente, además, los fabricantes suelen incluir una etapa de ecualización y refuerzo de graves. Estos equipos, además, permiten la mezcla del audio que se va a enviar a emisión junto con la señal del RDS.



Figura 3.57 - Procesador de audio OMINA Volt. (Fuente: Radioworld.com)

a) Radio Data System (RDS)

El sistema de radiodifusión de datos, conocido como RDS⁵⁶, es un protocolo de comunicaciones que permite enviar una pequeña cantidad de datos digitales aunados a la señal FM, siendo esta no audible por la audiencia, y mostrándose en el display del reproductor.

⁵⁶ Colaboradores de Wikipedia. (2021a, febrero 6). *Radio Data System*. Wikipedia, la enciclopedia libre. https://es.wikipedia.org/wiki/Radio_Data_System

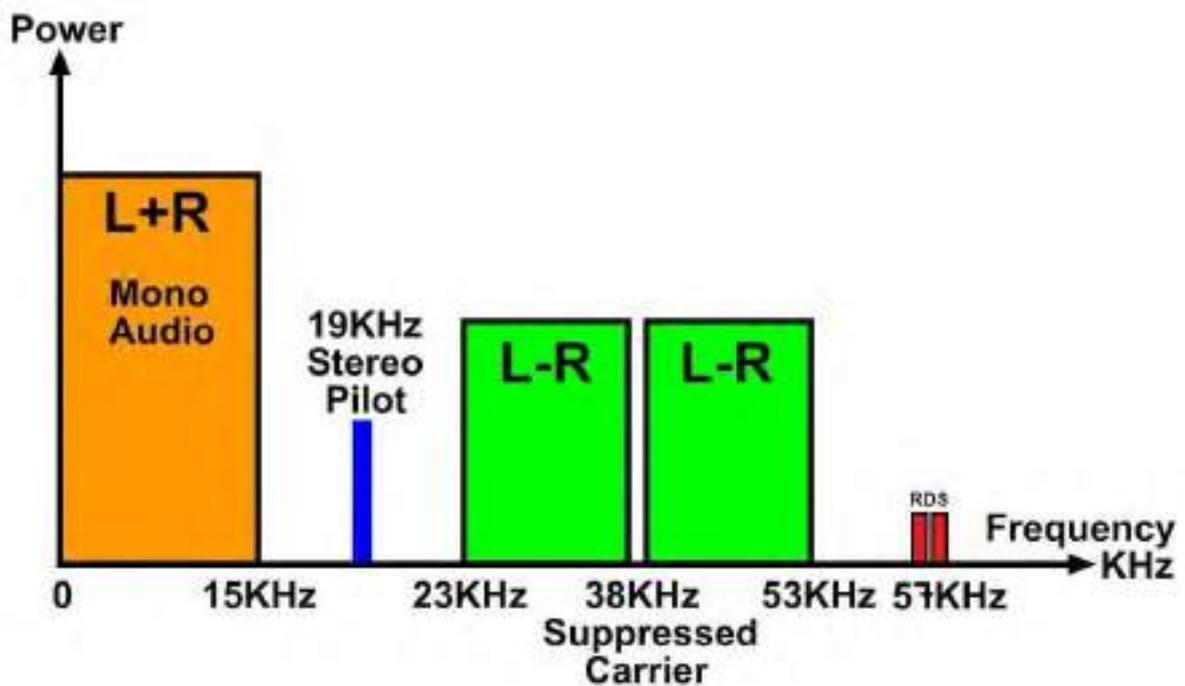


Figura 3.58 - Espectro de señal FM con sistema RDS. (Fuente: [Youtube.com](https://www.youtube.com))

Algunos de los datos que se pueden enviar son, por ejemplo: el nombre de la emisora para saber cuál estamos escuchando, las frecuencias alternativas de la emisora para que el receptor sintonice la que mejor señal reciba en ese momento, información sobre el tráfico en la zona de recepción, mensajes de texto personalizados por la emisora como puede ser un eslogan o el nombre de la canción o programa que está sonando, así como la fecha y la hora, entre otros.

En su día supuso una revolución al incluirlo en los receptores de radio dado que con la información recibida, el receptor es capaz de mantener la emisora seleccionada pese a que nos movamos geográficamente y la frecuencia de recepción de la emisora de radio cambie.



Figura 3.59 - Codificador RDS FMUSER modelo RDS-C. (Fuente: [Aliexpress.com](https://www.aliexpress.com))

3.13 Grabador y reproductor

Las grabadoras son dispositivos que permiten el almacenamiento de audio, han evolucionado de la tecnología analógica siendo el fonógrafo el primer dispositivo en almacenar audios, pasando por el almacenamiento en cilindros, discos o cintas magnéticas hasta la era digital con los CDs, discos duros o memorias flash. En la actualidad, las señales de audio se codifican en señales digitales para su almacenamiento y posteriormente se decodifican para reconstruir la forma de la onda original mediante un convertidor D/A y un filtro para suavizar la forma de la onda.⁵⁷

⁵⁷ Colaboradores de Wikipedia. (2021i, julio 8). *Historia del registro del sonido*. Wikipedia, la enciclopedia libre. https://es.wikipedia.org/wiki/Historia_del_registro_del_sonido

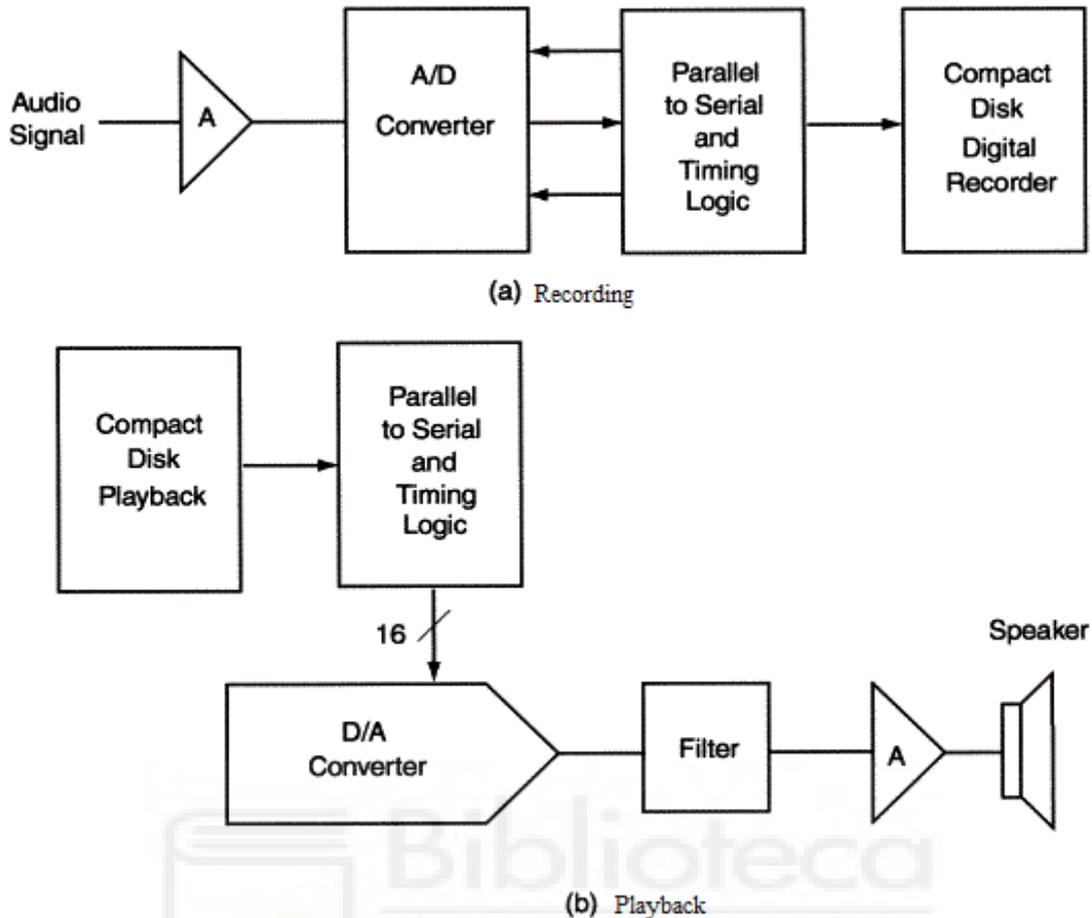


Figura 3.60 -Esquema de grabador y reproductor de audio digital. (Fuente: Scienedirect.com)

El audio digital basa su funcionamiento en el teorema del muestreo, que establece que una forma de onda analógica en un espectro limitado, puede caracterizarse completamente si tomamos muestras periódicas a una velocidad al menos el doble del ancho de banda. Esta tasa de muestreo se denomina frecuencia de muestreo de Nyquist y en audio la tasa de muestreo más habitual es 44.1 kHz para CD, 48 kHz para DVD, 96 kHz o 192.4 kHz para alta definición tipo HD DVD y Blue-Ray.



Figura 3.61 - Proceso de la conversión A/D. (Fuente: Wikiwand.com)

Como ventaja, las señales digitales ofrecen mayor inmunidad al ruido e interferencias a las cuales son sensibles las señales analógicas, además de permitir su procesamiento como es el caso de la codificación y la compresión de los datos para reducir su tamaño. Por ende, las señales analógicas precisan de menos etapas de procesamiento, lo que evita posibles fenómenos que si ocurren en las señales digitales; como puede ser el denominado efecto aliasing o solapamiento de señales digitales, que causa que las señales continuas distintas sean indistinguibles al ser muestreadas digitalmente.

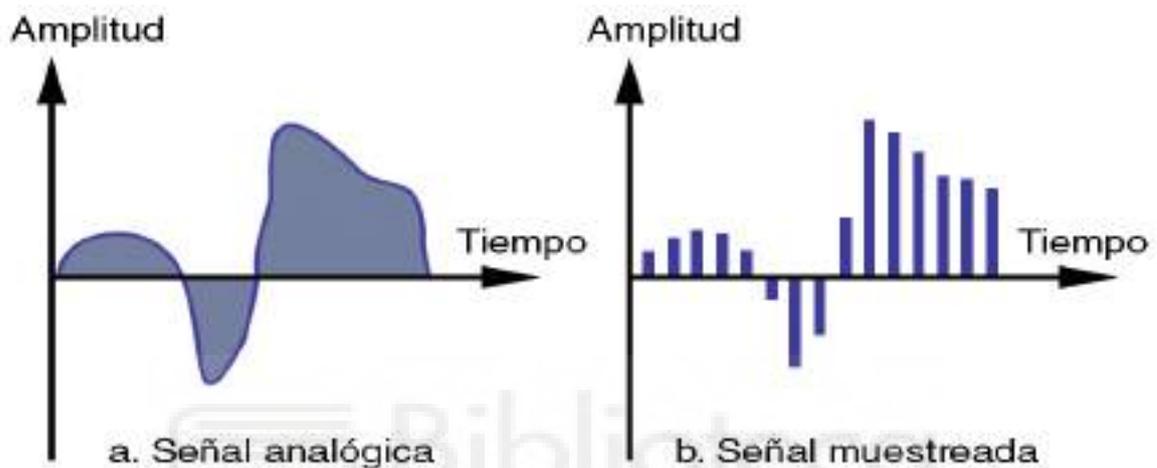


Figura 3.62 - Codificación analógica a digital. (Fuente: Tecnologia-informatica.es)

En la actualidad, el equipamiento de grabación de audio, además de permitir almacenamiento prácticamente ilimitado con la incorporación de memorias de almacenamiento o discos duros de gran capacidad, o sistemas de conexión a red para almacenamiento en la nube, permite realizar copias simultáneas con backup, el registro y reproducción de señales analógicas y digitales tanto de entrada como de salida, o el control del equipo de manera remota, entre otros.



Figura 3.63 - Grabadora DENON DN-700R. (Fuente: Ecured.cu)

Los reproductores realizan el trabajo inverso a las grabadoras: el sonido digital, en caso de estar almacenado en un dispositivo de este tipo, es decodificado y procesado para acabar siendo transformado en una señal analógica de audio, la cual a través de la mesa de sonido se envía a los monitores de estudio o altavoces para su escucha. Si por el contrario, la señal está almacenada en formato analógico en un soporte físico como puede ser un vinilo, los cuales permiten almacenar toda la información contenida en una grabación de alta calidad, la aguja reproducirá la señal analógica de audio y la enviará directamente a la mesa de sonido para ser escuchada a través de los altavoces.



Figura 3.64 - Pletina CD y Cassette TASCAM CD-A580. (Fuente: Tascam.com)

En la actualidad, normalmente no se dispone de periféricos exclusivos de reproducción en los estudios de radio tales como son los platos de vinilo, o las pletinas de CD o cassette. La era digital, y sobre todo con la revolución de las plataformas digitales; las emisoras tienden a contar con un sistema de almacenamiento digital o un servicio de música streaming a la carta.

El uso de los reproductores perdurará, pero de una forma diferente: como equipamiento que permite la digitalización de audio para la creación de los sistemas de almacenamiento anteriormente mencionados, dado que con las conexiones de red y el almacenamiento en la nube. Las emisoras que tienen varios estudios de radio pueden compartir todo su contenido a golpe de ratón, sin necesidad de disponer de periféricos de reproducción en cada uno de ellos.

3.14 Microfonía

Los micrófonos son transductores que permiten transformar las ondas sonoras en impulsos eléctricos, aumentan su intensidad, la transmiten y permiten registrarla. Existen diferentes tipos de micrófonos, en función de su tipo, utilizan un principio físico u otro. Desde el cambio de capacitancia como es el caso de los micrófonos de condensador, pasando por los piezoeléctricos, que se sirven de la piezoelectricidad con la variación de la presión del aire. Por último los más utilizados en estudios de grabación de radio son los denominados dinámicos, los cuales se basan en el principio de la inducción electromagnética, este tipo es el que utilizaremos en este proyecto.

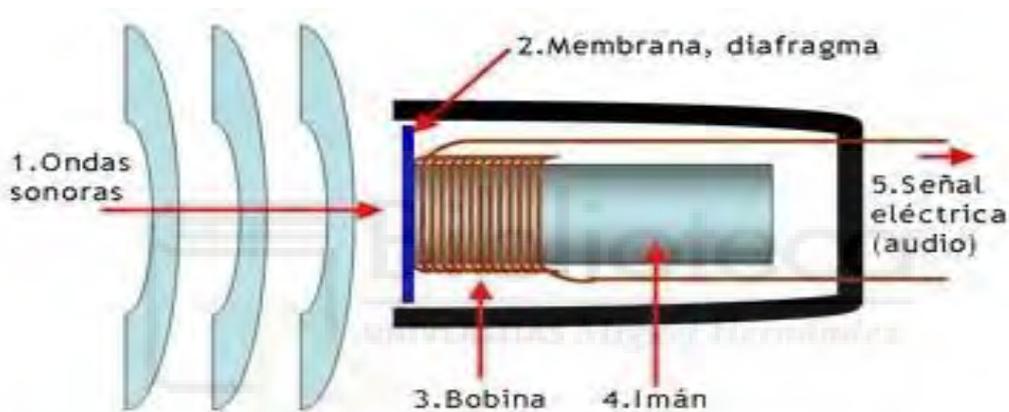


Figura 3.65 - Diagrama de un micrófono dinámico. (Fuente: Monografias.com)

Los micrófonos se clasifican, además de por sus características, por su directividad, dependiendo esta de su patrón polar, a continuación detallaremos los más habituales.^{58 59}

- Omnidireccionales: Reciben señales por igual procedentes de cualquier dirección de su eje. Son muy utilizados para capturar sonidos ambiente instrumentales, exteriores, y formaciones musicales y corales.

⁵⁸ A. (2016, 2 febrero). LOS 6 PRINCIPALES PATRONES DE MICRÓFONOS Y SUS APLICACIONES EN VÍDEO. KBN Next Media. <https://kbnmedia.com/los-6-patrones-polares-que-tienes-que-conocer-para-elegir-el-microfono-adecuado-para-tu-produccion/>

⁵⁹ Burke, R. (s. f.). *Técnicas de micrófonos bidireccionales*. Revista ISP Música. Recuperado 16 de julio de 2021, de <https://www.ispmusica.com/tecnologia-musical/>

- Bidireccionales: Captan las ondas procedentes de los dos sentidos en la dirección de su eje, es decir, de la parte frontal y de la parte trasera. Su uso es habitual en actuaciones musicales en acústico que incluyan voz, pero en la actualidad, se han vuelto muy populares para la grabación de podcast
- Cardioides: Reciben las señales que llegan de la parte frontal de su eje, disminuyendo su sensibilidad o captación a medida que nos alejamos de esta dirección. Este tipo de micrófono es el más utilizado en estudios de grabación y radiodifusión.
- Hipercardioides: Posee una dirección de recepción frontal más estrecha respecto de un micrófono cardioide, incluyendo además un pequeño lóbulo de recepción en la parte trasera. Al ser tan directivos, en radiodifusión se suelen implementar en microcascos, tales como los que se utilizan en narraciones deportivas.
- Unidireccional: Son micrófonos muy directivos, utilizados con pértiga para los sets de rodaje y las grabaciones audiovisuales.

	omnidireccional	cardioide	supercardioide	hipercardioide	bi-direccional
Patrón					
Ángulo de -3 dB	360°	131°	116°	105°	90°
Ángulo de -6 dB	360°	180°	157°	141°	120°
Ángulo de -10 dB	360°	223°	191°	170°	143°
Nivel relativo a 90°	0 dB	-6 dB	-8,5 dB	-12 dB	- inf
Nivel relativo a 180°	0 dB	- inf	-12,0 dB	-6 dB	0 dB
Ángulo de mínima captación	-	180°	+/- 127°	+/- 110°	90°
Factor de directividad Q (DI)	1,0 (0 dB)	3,0 (4,8 dB)	3,7 (5,7 dB)	4,0 (6 dB)	3,0 (4,8 dB)
Índice de unidireccionalidad	0 dB	8,5 dB	11,4 dB	8.5 dB	0 dB
Factor de distancia	1	1,7	1,9	2	1,7

Figura 3.66 - Patrones de captación de los micrófonos. (Fuente: Hardzone.es)

Uno de los micrófonos utilizados habitualmente en estudios de radio por su robustez y relación calidad-precio, es el micrófono dinámico cardioide Sennheiser e835.



Figura 3.67 - Micrófono Sennheiser e835. (Fuente: Mediatekis.com)

Para la grabación de audios de tipo voz en off para su posterior postproducción e inclusión en la emisión de programas, como puede ser el caso de noticias o cortes de voz, están en auge gracias al fenómeno *podcasting*. Se usan mucho los micrófonos para ordenador con conexión USB, muy utilizados en salas de redacción de los medios de comunicación y en los home studios. Incluso hay a la venta kits completos con micrófono, soporte o pantógrafo, antiviento y filtro antipop.



Figura 3.68 - Kit micrófono USB marca BASEDJ. (Fuente: Basedj.es)

3.15 Altavoces y Auriculares

Un altavoz⁶⁰ es un transductor electroacústico, al igual que un micrófono, pero a la inversa. Primero se convierte la señal eléctrica recibida en energía mecánica, que a su vez se transforma en ondas de frecuencia acústica que se transmiten al aire. En ellos, el sonido se reproduce a través de los altavoces o monitores de estudio y de los auriculares, y se debe difundir un sonido limpio y nítido, fiel a la grabación que se realiza.

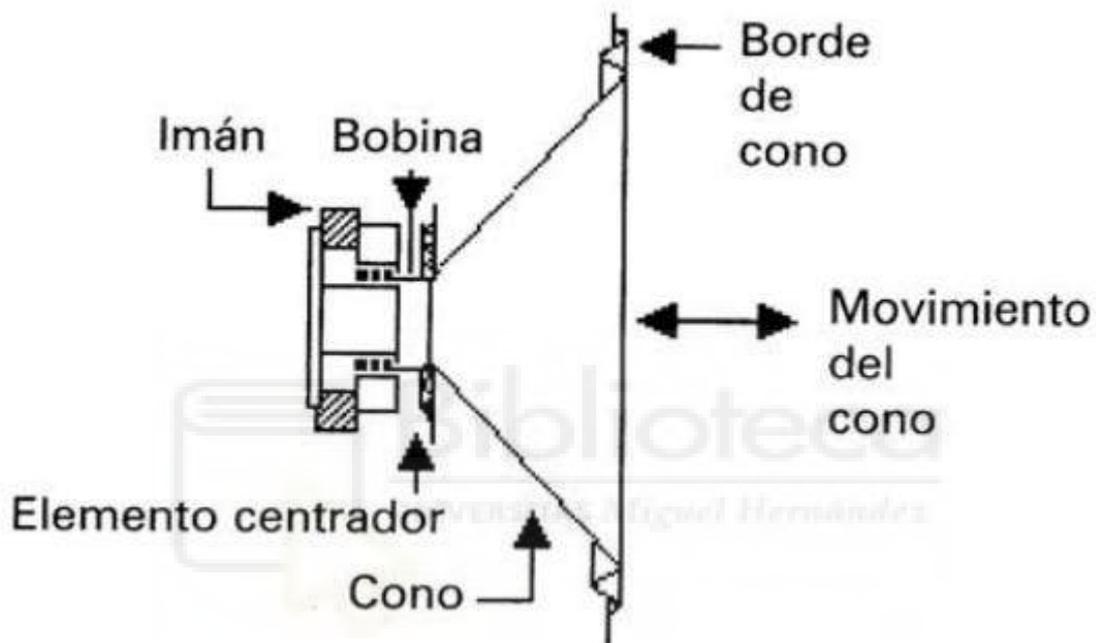


Figura 3.69 - Diagrama altavoz dinámico de imán permanente. (Fuente: IESlosviveros.es)

Las principales características de los altavoces son: la respuesta en frecuencia, la impedancia, la potencia admitida, la sensibilidad, el rendimiento, la distorsión y la direccionalidad. Atendiendo a la respuesta en frecuencia, hablaremos de un altavoz de alta fidelidad cuando su rango de frecuencia sea de entre 20 y 20.000 Hz: la frecuencia audible por el oído humano.

⁶⁰ Colaboradores de Wikipedia. (2021i, junio 26). *Altavoz*. Wikipedia, la enciclopedia libre. <https://es.wikipedia.org/wiki/Altavoz>

Un solo altavoz, de manera general, no es capaz de reproducir completamente el rango de frecuencias audibles. Por ello los monitores de estudio están compuestos por varios altavoces adecuados cada uno a un rango de frecuencias determinado.

Atendiendo al rango de frecuencia de los altavoces⁶¹, estos se clasifican en:

- Graves o Woofer: Cubren las frecuencias de 50 Hz a 4.000 Hz, y es el altavoz más grande del conjunto, dado que su diámetro mínimo va desde las 6" de diámetro hasta las 12" o incluso 15" en el caso de los de tipo profesional. A menor frecuencia a reproducir, mayor será su tamaño, de ahí nace la variante subwoofer, encargada de reproducir las frecuencias más bajas de todas, entre 20 y 80Hz.
- Medios o Midrange: Reproduce frecuencias medias, de 250 Hz a 2.000 Hz, que son las más sensibles a los detalles para el oído humano, como es el caso de las **voces** y el rango más rico de la mayoría de instrumentos musicales. No siempre tiene porqué haber un altavoz de medios en un conjunto de altavoces, siendo el woofer el encargado de reproducir las frecuencias medias en tal caso.
- Agudos o Tweeter: Su rango de frecuencia es muy alto, de 2.000 a 20.000 Hz, por lo que su tamaño es muy pequeño para poder moverse muy rápido. La variante supertweeter se encarga de reproducir las frecuencia más altas del rango, por ello su tamaño es diminuto y su velocidad de movimiento altísima.

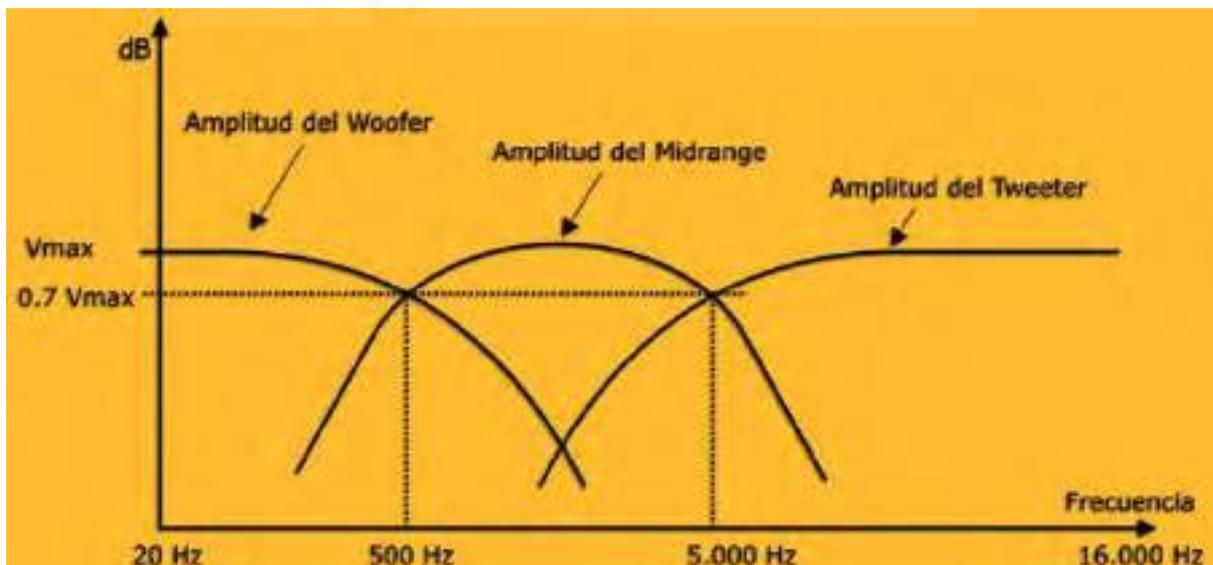


Figura 3.70 - Diagrama crossover. (Fuente: Videorockola.com)

⁶¹ Ena, D. (2014, 31 diciembre). *Tipos de altavoces según su rango de frecuencia*. Cosas de Audio. <http://cosasdeaudio.com/tipos-de-altavoces-segun-su-rango-de-frecuencia/>

Los altavoces de estudio son utilizados para monitorizar y escuchar el nivel de grabación o el nivel de salida de la emisión en la sala de control. Por ello, han de ser de calidad para verificar la correcta reproducción de los audios. Los dos tipos de altavoces utilizados para ello atendiendo a su tipo de alimentación son, en primer lugar, los altavoces pasivos; los cuales no requieren alimentación eléctrica pero precisan de amplificación externa para su uso que generalmente viene dada a través de un amplificador central o de la propia mesa de sonido. En segundo lugar, el otro tipo de altavoz (y el más utilizado en la actualidad) es el activo o autoamplificado, que necesita alimentación puesto que incorpora en su interior el amplificador necesario para su funcionamiento.



Figura 3.71 - Monitor estudio Presonus ERIS E5. (Fuente: Amplificacionysonido.com)

Para la escucha de las grabaciones y la edición de los audios en los estudios se utilizan los auriculares. Se necesita que sean cómodos porque en radio se pasa mucho tiempo con ellos puestos y deben de aislar bien del exterior para impedir que, por ejemplo, el sonido reproducido se cuele en el micrófono en plena grabación.

Uno de los tipos de auriculares más utilizados en estudios de grabación son los semiabiertos, denominados circumaurales o de diadema, pero cualquier auricular del mercado que sea cómodo y permita reproducir el mayor rango de frecuencias más cercano

al del oído humano es válido para este cometido. La mayoría de estudios utilizan los auriculares AKG K141, presentan muy buena relación calidad/precio, son cómodos, muy robustos y permiten ser reparados en caso de avería, como es el caso del reemplazo del cable de conexión o las almohadillas, las cuales se deterioran por el uso.



Figura 3.72 - Auriculares AKG K141 MKII. (Fuente: Gear4music.es)

3.16 Cableado

El cableado es el conjunto de hilos o cables conductores encargados de transportar las señales, analógicas o digitales, de un dispositivo a otro. Se componen de uno o varios cables que actúan como núcleos o vivos, envueltos por un material aislante que los separa los unos de los otros, pudiendo estar cubierto el material aislante por una malla que actúa como masa o por aislantes frente a interferencias externas o contiguas, siendo recubiertos con una cubierta exterior.

Tan importante es el equipamiento como la interconexión entre los mismos, por ello es conveniente que los mismos sean de calidad, con aislamiento y protección contra interferencias como puedan ser las electromagnéticas, y con conectores robustos y

blindados. Además deberán de estar bien identificados y asegurados, ya que a mayor instalación de equipamiento, mayor número de conexiones y por ende, de cables.

A continuación detallaremos la mayoría de cables y conectores que se utilizan habitualmente en las instalaciones de un estudio de radio, dividiéndolos en dos grupos: cables analógicos y cables digitales.

- Cables analógicos

El cableado analógico transporta la información a través de señales eléctricas. Se utiliza para conectar equipamiento como micrófonos, monitores de estudio o periféricos. Dentro de los cables analógicos debemos de hacer dos distinciones atendiendo a su tipo de señal, balanceada o no balanceada. Cuando una señal de audio analógica atraviesa un cable de audio, tanto el hilo positivo como el hilo negativo reciben una versión idéntica de la señal, con la salvedad que la señal que es conducida por el cable negativo tiene la polaridad invertida. En el desplazamiento de la señal a través del cable, ambas se ven afectadas por el ruido, pero antes de volver a unir la señal al final del cable, la polaridad del cable negativo se invierte para volver a coincidir con la señal positiva, y estas se cancelan mutuamente con el patrón de ruido a polaridades opuestas., obteniendo así una señal original libre de ruidos en los cables balanceados.⁶²

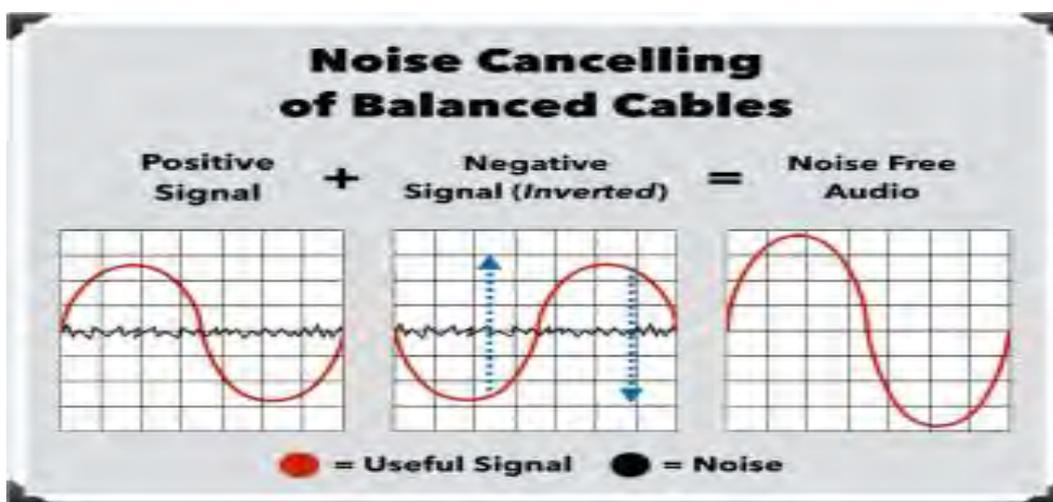


Figura 3.73 - Diagrama cancelación de ruido en cables balanceados. (Fuente: ehomerecordingstudio.com)

⁶² A. (2021a, marzo 26). *La Guía Definitiva de Cables de Audio para un Home Studio*. E-Home Recording Studio. <https://es.ehomerecordingstudio.com/tipos-cables-audio/>

a) Cables XLR

Estos cables son balanceados: tienen 3 hilos conductores o 2 hilos conductores y una malla, y van aunados a un conector de 3 pines con chasis metálico para la conexión de la masa. Además, cuentan con una patilla de seguridad que ancla el conector del cable al alojamiento del equipamiento para evitar su desconexión accidental.

Permiten la configuración de cable en tipo no balanceado uniendo el pin 1 al pin 3 del conector, y existen variantes de este conector, como es el caso del modelo con 5 pines, empleado para incluir alimentación hacia una baliza de señalización ON AIR cuando se usa en microfonía. Mayoritariamente se utiliza en conexión de micrófonos, monitores de estudio autoamplificados, sistemas de altavoces PA (Public Address) o instrumentos dotados con conexión XLR.⁶³



Figura 3.74 - Conexión cable XLR Neutrik hembra (izquierda) y macho (derecha).
(Fuente: [Farnell.com](https://www.farnell.com))

b) Cable TRS

Los denominados cables TRS (Tip-Ring-Sleeve) se conocen también como plug o jack, con sus respectivas variantes de calibre como son 6,35 mm (jack) o 3,5 mm (mini jack). Son cables estéreo que pueden convertirse en mono, al igual que pueden ser balanceados o no balanceados en función de su conexión interna.

⁶³ J. (2018, 20 marzo). *Cables de Audio: Todo lo que necesitas saber sobre los tipos de cables de audio [Infografía]*. LANDR Blog. <https://blog.landr.com/es/cables-de-audio-todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-los-tipos-de-cables-de-audio-infografia/>

Estos cables poseen 3 en su interior, dos hilos conductores y una malla de toma de tierra. Existen variantes en función de si posee 2, 3 o 4 contactos o anillos, los cuales se diferencian por una separación de anillos de goma entre sí, siendo los de 3 contactos los más habituales. Estos últimos se utilizan sobre todo en auriculares, siendo el primer contacto para el canal L (izquierdo o positivo), el segundo para el canal R (derecho o negativo) y el último para la masa, común a ambos canales.



Figura 3.75 - Cables TRS 3,5 mm y 6,35 mm. (Fuente: Wintablet.info)

c) Cable TS

Son cables mono y la variante no balanceada de los cables TRS, dado que solo disponen de dos contactos: un conductor y una toma de tierra, siendo el primero el positivo y, el segundo, el negativo o la masa.

Se utilizan mucho en estudios musicales, mayoritariamente en la conexión de instrumentos como las guitarras o los bajos, o para la conexión de monitores de estudio a la mesa de sonido, entre otros.

d) Cable TRRS

Es un cable estéreo con 4 hilos, variante de 4 contactos que incluye un contacto más habitual para la conexión del canal positivo del micrófono en unos auriculares. El negativo es común a los otros contactos, común en el conector de 3,5 mm de diámetro e instalado en los kits de manos libres de los teléfonos móviles o los headsets para ordenador.

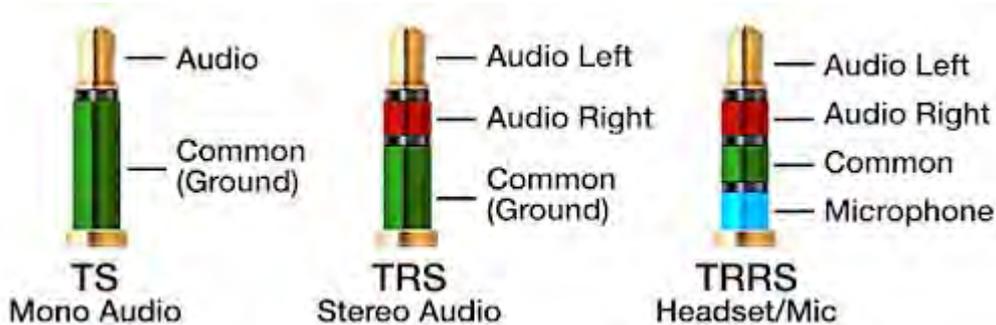


Figura 3.76 - Conectores TS, TRS y TRRS. (Fuente: Wintablet.info)

e) Cable RCA

Son cables estéreo, no balanceados, y siempre van pareados. Cada cable tiene un conductor para el positivo y una malla para el negativo. Habituales para conexiones de corta distancia entre equipamientos próximos entre sí, su uso generalizado en estudios de grabación es para conectar pletinas de reproducción o grabadoras a la mesa de sonido.



Figura 3.77 - Cables RCA Cordial. (Fuente: Musicstore.com)

- Cables digitales

El cableado digital transmite la información a través de señales digitales, que son cadenas de código binario que contienen unos y ceros. Cada día son más habituales en los estudios de grabación con la implementación de componentes electrónicos de carácter digital en los equipos, como es el caso de los microprocesadores en las mesas de sonido o en los periféricos.

a) Cables MIDI

Es el acrónimo en inglés de Interfaz Digital para Instrumentos Digitales. Son utilizados para sincronizar y comunicar instrucciones entre dispositivos tales como las tarjetas de

sonido profesionales o los instrumentos digitales, como sintetizadores o teclados digitales. Estas conexiones no transportan o generan sonidos, transmiten mensajes de eventos.



Figura 3.78 - Cable MIDI. (Fuente: Soundcheck.com)

b) Cable USB

Es el cable de transmisión de datos en serie más utilizado para conectar cualquier dispositivo a un ordenador. Sin duda alguna representa el estándar actual en comunicaciones digitales en cualquiera de sus variantes, siendo el USB A-B el recurrente hasta la fecha para conectar, por ejemplo, mesas de sonido o tarjetas de audio a los ordenadores. Aun así, con la llegada de mayores tasas de transferencia de datos junto a la miniaturización de los componentes y la portabilidad de los equipos, el USB A y B están siendo ya reemplazados por el reciente USB C.

Cabe mencionar que las conexiones USB y su integración en los equipos de grabación suponen el acercamiento del fenómeno del podcasting a la sociedad, porque con un micrófono USB conectado a un ordenador se puede realizar un programa de radio.



Figura 3.79 - Tabla tipos USB más utilizados en equipamiento de audio. (Fuente: Dgitech.es)

c) Cables AES/EBU

Son cables de transferencia de protocolos digitales como es el caso del AES/EBU (Audio Engineering Society/European Broadcasting Union) que es una interfaz de comunicación estandarizada pensada para transmitir en tiempo real señales digitales de audio sin compresión entre dispositivos de audio preparados para ellos, que se sirven de cables balanceados y conectores DB y XLR. Generalmente, los equipos que implementan numerosas entradas y salidas emplean conectores tipo DB-25 o superiores. En estudios de radiodifusión son muy utilizados en la interconexión de los cores de las mesas de sonido digitales con los periféricos.^{64 65}

⁶⁴ Colaboradores de Wikipedia. (2021a, enero 15). *AES3*. Wikipedia, la enciclopedia libre. <https://es.wikipedia.org/wiki/AES3>

⁶⁵ R. (2017, 30 mayo). *AES/EBU ¿Técnicamente, qué es esto?* Hispasonic. <https://www.hispasonic.com/foros/aes-ebu-tecnicamente-esto/80823>



Figura 3.80 - Cable 8 canales AES/EBU Proaudiola. (Fuente: Proaudiola.com)

d) Cables de red

Los cables de red UTP, FTP, STP en sus categorías 5e y 6 no solo se pueden utilizar en áreas de telecomunicaciones para realizar conexiones telefónicas o de internet. En audio, han supuesto una revolución con la llegada de protocolos de comunicación de audio vía IP, como es el caso de DANTE. Estos permiten multiplexar señales de audio en un solo cable de 4 pares con conexión a los equipos a través de conectores RJ45. Por ejemplo, el protocolo DANTE HC admite hasta 512 x 512 canales a 44.1/48 kHz, 256 x 256 canales a 88.2/96 kHz o 128 x 128 canales a 176.4/192 kHz sin comprimir bidireccionales.⁶⁶

Destacan por ser cables muy largos, con un tiempo de latencia muy bajo. Permiten reducir costes en cableado y simplificar las instalaciones, por lo que son muy frecuentes en las mesas de sonido digitales para unir sus módulos entre sí, o entre la consola y el core. Y también, como entre los módulos de las unidades ubicadas en otras estancias del estudio de grabación, como pueden ser los patch panels o paneles de conexión para instrumentos musicales. Estos cables destinados a audio incorporan conectores blindados y reciben el nombre de cables Ethercon.

⁶⁶ *Dante HC | Audinate | AV's Leading Networking Technology.* (s. f). www.audinate.com. Recuperado 17 de julio de 2021, de <https://www.audinate.com/products/manufacture-products/dante-hc?lang=es>



Figura 3.81 - Cable Ethernet CAT5 Cordial. (Fuente: Musikhaus-korn.de)

e) Cables de fibra óptica

A medida que avanza la tecnología, la calidad de las grabaciones aumenta; y, con ello el tamaño de los ficheros, la tasa de muestreo y la velocidad de transferencia de los mismos. Protocolos digitales como el MADI, Multichannel Audio Digital Interface se sirven entre otras de la tecnología óptica a través de conectores SC, además de conexiones IP a través de cables de red o de la infraestructura coaxial con conexiones BNC, cada vez más en desuso.

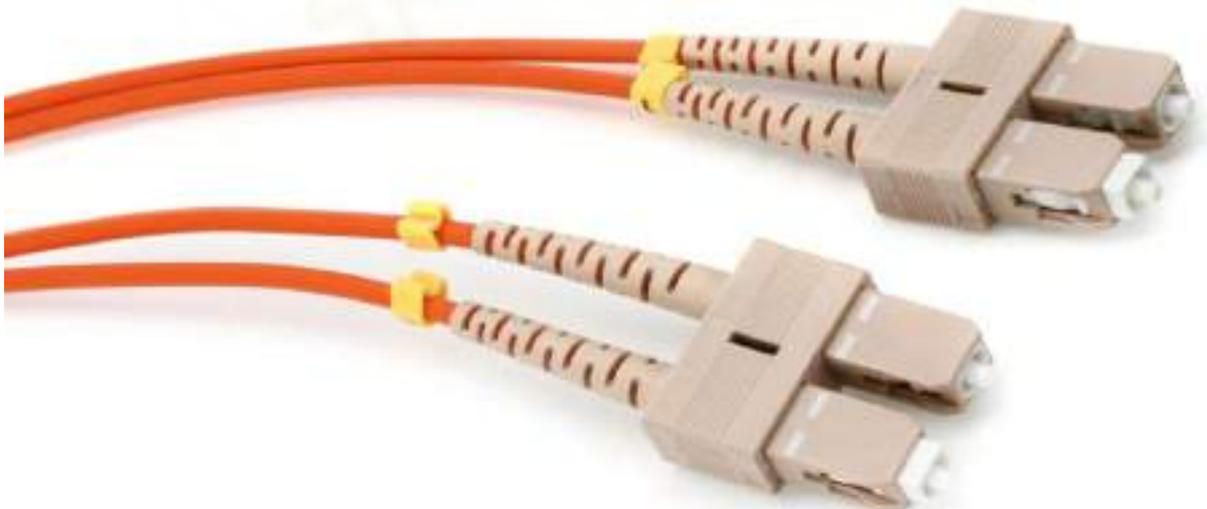


Figura 3.82 - Cables óptico MADI Alva ONK6. (Fuente: Sweetwater.com)

f) Cables BNC

Son cables coaxiales de impedancia característica de 75Ω que se utilizan para sincronizar señales de reloj internas de varios dispositivos digitales cuando estos están conectados. El

no disponer de esta sincronización en los dispositivos supone la aparición de desincronización entre las muestras y genera molestos ruidos en el audio. En las emisoras de radio suelen ser habituales para la conexión de equipos tales como el distribuidor de audio, el procesador de audio, el sistema RDS o el radioenlace, así como en conexiones de protocolos MADI.^{67 68 69 70}



Figura 3.83 - Cable BNC. (Fuente: Ldlc.com)

3.17 Acondicionamiento Acústico

La adecuación o acondicionamiento de un espacio para la realización de grabaciones acústicas es un factor importante a la hora de obtener buenos resultados. Partiendo de la base que el sonido se propaga, deberemos tener tres factores en cuenta:

1. Absorción: Fenómeno en el cual parte de la energía de la onda sonora es absorbida por un material cuando esta choca con él.

⁶⁷ *Manual para Radialistas Analfatécnicos*. (s. f.). www.analfatecnicos.com. Recuperado 17 de julio de 2021, de <https://www.analfatecnicos.net/pregunta.php?id=33>

⁶⁸ A. (2016, 2 febrero). *LOS 6 PRINCIPALES PATRONES DE MICRÓFONOS Y SUS APLICACIONES EN VÍDEO*. KBN Next Media. <https://kbnmedia.com/los-6-patrones-polares-que-tienes-que-conocer-para-elegir-el-microfono-adecuado-para-tu-produccion/>

⁶⁹ *7 consejos para cablear tu estudio de grabación*. (2018, 4 mayo). t.blog. <https://www.thomann.de/blog/es/7-consejos-para-cablear-tu-estudio-de-grabacion/>

⁷⁰ J. (2018b, marzo 20). *Cables de Audio: Todo lo que necesitas saber sobre los tipos de cables de audio [Infografía]*. LANDR Blog. <https://blog.landr.com/es/cables-de-audio-todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-los-tipos-de-cables-de-audio-infografia/>

2. Reflexión: Reflexión producida por la otra parte de la energía sonora en el impacto con una superficie, el cual provoca un sonido indirecto o reflejado.
3. Difracción: Situación en la que una onda sonora es capaz de bordear los obstáculos que encuentra a su paso.

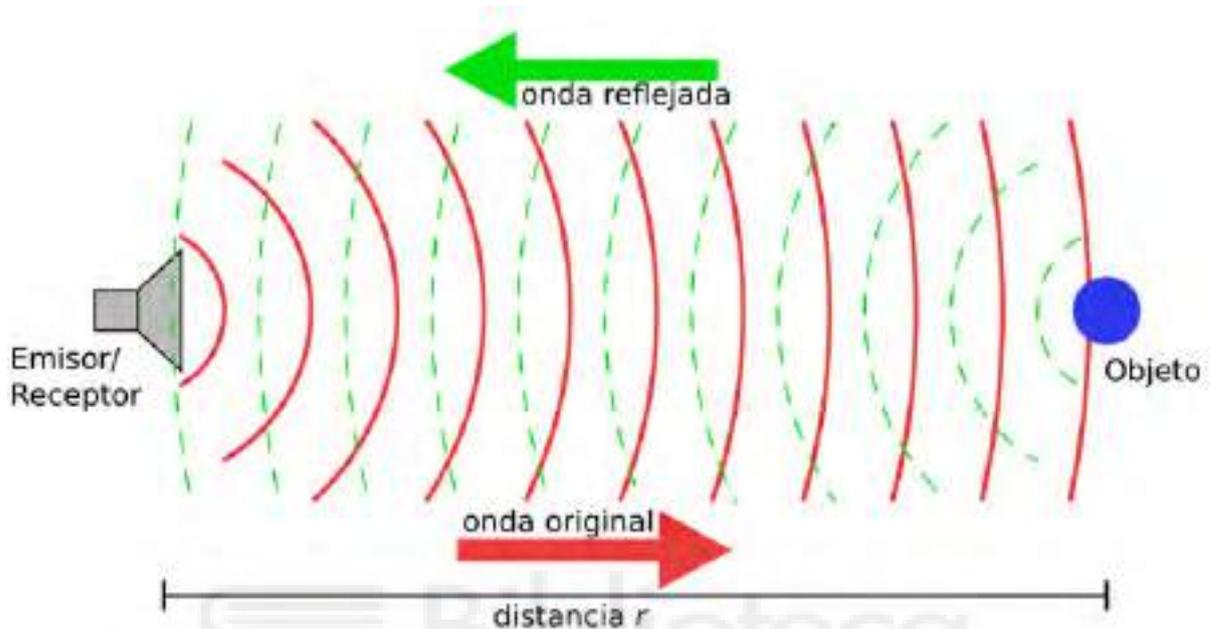


Figura 3.84 - Ejemplo de reflexión acústica. (Fuente: [Wikipedia.org](https://es.wikipedia.org))

4. Eco: Es el efecto producido por la diferencia de tiempo entre la llegada del sonido directo y el sonido reflejado, los cuales se perciben como diferentes si su diferencia es entre 70 ms para sonidos secos como las palabras, y 100 ms para sonidos más complejos. Este fenómeno se denomina persistencia acústica⁷¹, dado que nuestro cerebro interpreta como un único sonido dos sonidos distintos recibidos en un corto espacio de tiempo.
5. Reverberación: Se da cuando las diferentes reflexiones se perciben como una prolongación del sonido directo. El tiempo de reverberación es el que tarda un sonido en disminuir su intensidad en 60 dB una vez que ha dejado de emitirse, también denominado RT60, por lo que influye para ello la arquitectura del recinto y las frecuencias sonoras.

⁷¹ Colaboradores de Wikipedia. (2019, 13 septiembre). *Persistencia acústica*. Wikipedia, la enciclopedia libre.

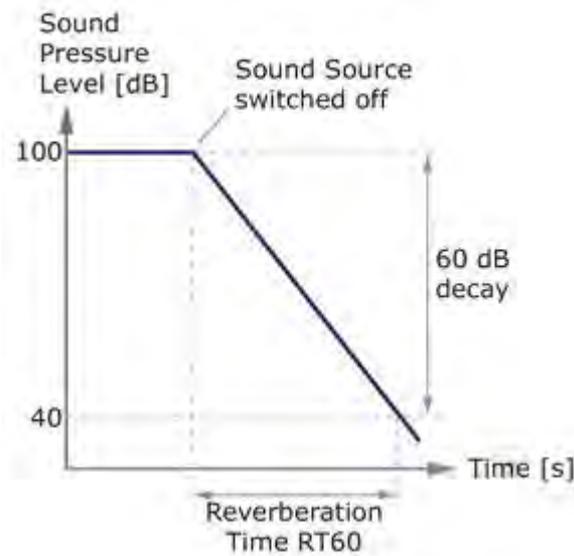


Figura 3.85 - Visualización del principio básico de la medición RT60. (Fuente: Nti-audio.com)

Una de las funciones del acondicionamiento acústico es evitar que los sonidos externos interfieran en la grabación de audios, así como que los audios generados no salgan al exterior, como pueden ser el ruido aéreo o el ruido de impacto o vibración.

Además, hay que tratar de minimizar los efectos anteriormente mencionados, y para ello se emplean diversos materiales y técnicas de construcción que adecúan la acústica de las estancias al tipo de uso que se va a realizar de las mismas. El análisis o medición de dicha adecuación viene regulada por una serie de normas internacionales que garantizan que se cumplan los parámetros estipulados.

Por ejemplo, la norma ISO 3382-1 define la medición del tiempo de reverberación RT60 para salas de espectáculos, la norma ISO 3382-2 para salas normales y las normas ISO 3382-3 y ASTM E2235 para oficinas abiertas.

A continuación se muestran en la **tabla 3.7** los tiempos de reverberación recomendados para las distintas salas:

Tipo de sala	Cantidad	Distancia Crítica (Rc)	Tiempo de reverberación recomendado RT60
Estudio de grabación	< 50 m ³	1,5 m	0,2 - 0,3 segundos
Aulas	< 200 m ³	2 m	0,4 - 0,6 segundos

Oficinas	< 1.000 m ³	3,5 m	0,5 - 1,1 segundos
Sala de lectura	< 5.000 m ³	6 m	1,0 - 2,0 segundos
Sala de conciertos y ópera	< 20.000 m ³	11 m	1,4 - 2,0 segundos
Templo e Iglesia	-	-	2 - 10 segundos

Tabla 3.7 - Tiempos de reverberación recomendados. (Fuente: Nti-audio.com)

Para la realización de estas medidas del tiempo de reverberación en un espacio cerrado existente, se realizan a través de sonómetros o medidores acústicos calibrados, los cuales mayoritariamente utilizan el denominado método de “ruido interrumpido”.

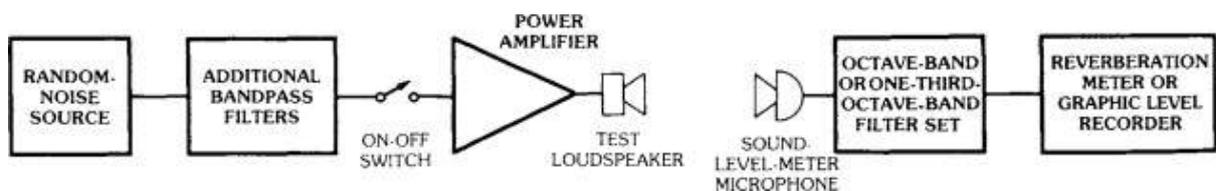


Figura 3.86 - Método del ruido interrumpido. (Fuente: Sciencedirect.com)

Para poder reproducir el ruido a distintas frecuencias se emplea un **altavoz** omnidireccional, generalmente en construcción de dodecaedro, emitiendo las señales acústicas necesarias para realizar la toma de medidas.



Figura 3.87 - Sonómetro y altavoz dodecaedro en prueba de medición acústica. (Fuente: Iatacustica.es)

Los elementos constructivos más empleados en el acondicionamiento acústico son los tabiques aislantes, el suelo flotante, el techo acústico y las puertas aislantes. Además, como influye el tipo de construcción, se debe evitar que las paredes estén paralelas, los visores fonoaislantes entre estancias tales como el de separación de la cabina de control y el locutorio o sala de grabación tienen que poseer cámara de aire y cristales no paralelos.



Figura 3.88 - Puerta acústica Acústica Integral RS3 51 dB. (Fuente: Radio UMH)



Figura 3.89 - Visor acústico. (Fuente: Iberacustica.com)

Otros elementos o materiales utilizados son las trampas de graves, los difusores, los resonadores acústicos, los paneles de espuma acústica, la lana de roca o fibra de vidrio, el geotextil o las planchas asfálticas.



Figura 3.90 - Ejemplos de trampas de graves. (Fuente: Hispasonic.com)



Figura 3.91 - Ejemplos de difusores acústicos. (Fuente: Hispasonic.com)

La industria ofrece numerosos tipos de acondicionamientos acústicos para estancias ya realizadas cuya función inicial no era la destinada a estudio de grabación. A continuación, se detalla un ejemplo de algunos materiales absorbentes que hay disponibles en el mercado:



Figura 3.92 - Ejemplo materiales absorbentes. (Fuente: Hispanonic.com)

3.18 Software

El software⁷² es la aplicación informática o el conjunto de componentes necesarios para la realización de tareas específicas, tales como el envío de instrucciones a componentes hardware para hacer posible su funcionamiento. Además, se usan para elaborar, almacenar y procesar información; pudiendo estar escritos en lenguajes de tipo programación, ensamblador o máquina.

En el caso que nos concierne, vamos a clasificar los tipos de software en dos grupos: los softwares de grabación y edición de audio, y los softwares de emisión.

3.18.1 Software de grabación y edición

Este tipo de software es necesario para realizar las grabaciones de los ficheros de audio que conformarán los programas radiofónicos, para así posteriormente editarlos en el caso de tener que corregir errores o querer añadir efectos sonoros y musicales no introducidos. Algunos de los softwares de audio más utilizados para grabar y editar programas son:

⁷² Colaboradores de Wikipedia. (2021j, junio 28). *Software*. Wikipedia, la enciclopedia libre. <https://es.wikipedia.org/wiki/Software>

1. Audacity

Se trata de un software libre multiplataforma creado en 1999 en la Carnegie Mellon University, en Estados Unidos.^{73 74}

Entre sus características principales destaca que permite grabar audio en tiempo real, editar ficheros en formatos tipo OGG Vorbis, MP3, WAV, AIFF, AU, LOF, WMP y el nuevo formato de archivos .aup3; conversión de ficheros entre tipos de audio, importación de archivos de formato MIDI, RAW y MP3, edición multipista, agregar efectos al sonido tipo eco, inversión, tono, etc, y admite la incorporación de plugins externos para aumentar su funcionalidad. Es de los softwares libres más extendidos en su categoría, con más de 200 millones de descargas.

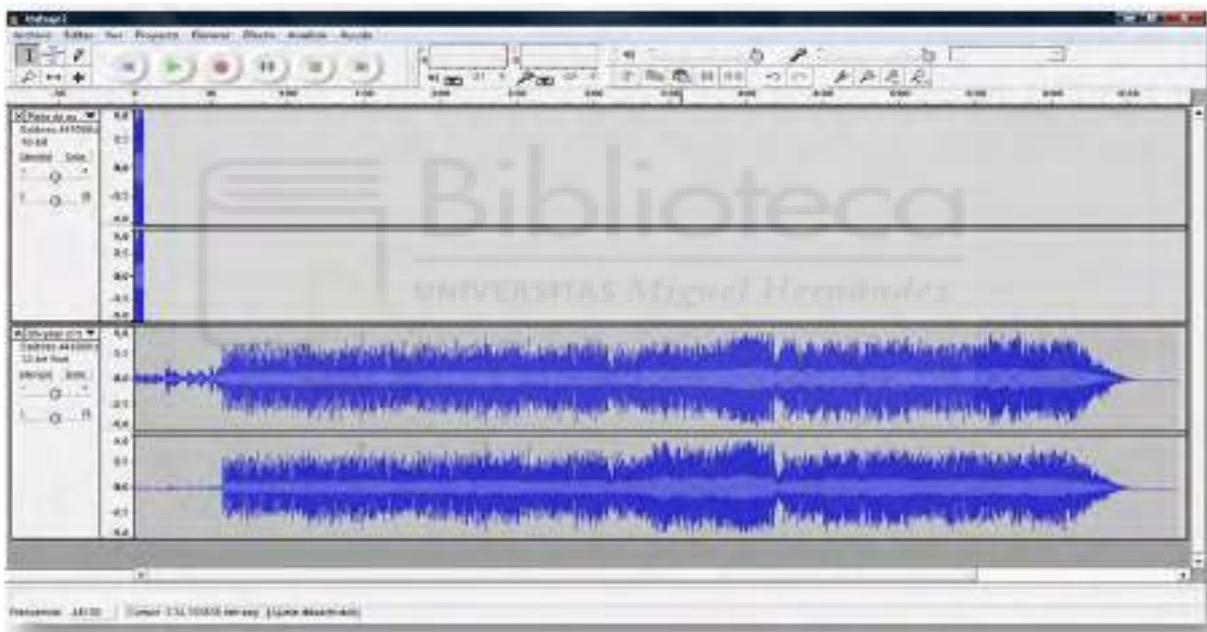


Figura 3.93 - Software Audacity. (Fuente: Elaboración propia)

⁷³ Audacity, editor de audio libre. (2020, 27 mayo). Audacity.es - Descargar Audacity para PC y Mac. <https://audacity.es/>

⁷⁴ M. (2021d, marzo 18). Audacity 3.0, el editor de audio gratuito estrena formato de archivos y se hace más rápido. Hispasonic.

2. Adobe Audition

Es un software de edición de audio licenciado muy extendido. Se lanzó en el año 2003 como programa *home-studio*, y se profesionalizó en el año 2004 al entrar en el mercado profesional de las DAW. El programa es un conjunto de herramientas muy completo que incluye funciones de multipista, forma de onda y visualización espectral; además de permitir editar, mezclar, grabar o restaurar audio. Es de los programas de edición de audio más extendidos dentro de los programas de pago, debido a que incorpora integración total con el software de vídeo Adobe Premiere.⁷⁵



Figura 3.94 - Software Adobe Audition. (Fuente: Elaboración propia)

3. Cubase

Es un software propietario desarrollado por la empresa alemana Steinberg a finales de los años 80. En sus inicios era un secuenciador y editor MIDI por ser desarrollado para el atari ST, pero con el paso del tiempo evolucionó hasta pasar a ser un editor de audio.

⁷⁵ *Software de grabación y edición de audio | Adobe Audition.* (s. f.). www.adobe.com. Recuperado 17 de julio de 2021, de <https://www.adobe.com/es/products/audition.html>

Actualmente entre otras implementaciones más orientadas a la composición musical; permite grabar, mezclar y editar archivos MIDI, WAV y MP3.⁷⁶



Figura 3.95 - Software Cubase. (Fuente: Elaboración propia)

4. FL Studio

Este software licenciado ha sido desarrollado por la empresa belga Image-line Software. Concretamente, es una estación de trabajo de audio digital que incorpora editor de audio, secuenciador multipista y MIDI. Está más orientado a producción musical, pero al incorporar editor de audio, permite trabajar con ficheros en OGG Vorbis, MP3, WAV y FLAC.⁷⁷

⁷⁶ Colaboradores de Wikipedia. (2020, 28 julio). *Cubase*. Wikipedia, la enciclopedia libre. <https://es.wikipedia.org/wiki/Cubase>

⁷⁷ Colaboradores de Wikipedia. (2021, 15 julio). *FL Studio*. Wikipedia, la enciclopedia libre. https://es.wikipedia.org/wiki/FL_Studio



Figura 3.96 - Software FL Studio. (Fuente: Elaboración propia)

5. Final Cut Pro

Es un programa de edición de vídeo licenciado, desarrollado por Macromedia-Apple para sistemas operativos MAC en 1998. Pese a ser un editor de vídeo como tal, incorpora un editor de audio, lo que le ha hecho estar presente en numerosas emisoras de radio que también disponen de cadena de televisión debido a que, con una misma licencia, permite la edición de ambos tipos de ficheros, vídeo y audio.⁷⁸



Figura 3.97 - Software Final Cut Pro. (Fuente: [Support.apple.com](https://support.apple.com))

⁷⁸ Colaboradores de Wikipedia. (2021a, abril 2). *Final Cut Pro*. Wikipedia, la enciclopedia libre. https://es.wikipedia.org/wiki/Final_Cut_Pro

3.18.2 Software de emisión

El software de emisión o gestión de radio se encargará de gestionar la reproducción y/o emisión de cada fichero de audio en un espacio temporal concreto definido previamente por el usuario; bien en modo manual, automático o a través de impulsos horarios. Además, entre otras opciones; debe de permitir un registro o auditoría de los ficheros que emite, la fecha, hora y duración de los mismos por tema de registros para los derechos de autor.

A continuación analizaremos algunas de las aplicaciones profesionales y amateurs que son más utilizadas en las emisoras de radio de todo el mundo:

1. XFrame Radio

Se trata de un sistema digital de gestión integral para radio, cuenta con más de 20 años de vida en el sector y está desarrollado por la empresa española ASPA.^{79 80}

Permite su funcionamiento con las diferentes tarjetas de sonido que existen en el mercado, ya sean de carácter profesional o amateur, además de implementar su uso con tarjetas de sonido virtuales a través de puertos USB o protocolos IP denominados DANTE. Trabaja simultáneamente con múltiples formatos de codificación de audio como son MP3, MP2 y WAV. Además, permite incluir locuciones horarias de forma automática en listas de reproducción desatendidas, generar continuidad musical de manera automática, gestionar redes sociales asociadas a la programación que se emite, e incluye un editor de audio multipista sin límite de pistas.

⁷⁹ ASPA ANDINA. (s. f.). www.aspaandina.com. Recuperado 17 de julio de 2021, de <https://www.aspaandina.com/productos/Software-automatizacion-radio-XFrame.php>

⁸⁰ Soluciones Broadcast ASPA. (2020, 30 septiembre). *Software de gestión integral y automatización de radio: XFrame - ASPA*. Aspa. <https://www.aspa.net/productos/gestion-integral-audio-automatizacion-radio-xframe/>



Figura 3.98 - Software XFrame Radio. (Fuente: Aspaandina.com)

2. Dalet

Es un software desarrollado por la corporación francesa Dalet SA⁸¹, con más de 30 años en el sector de las soluciones broadcast.

Las soluciones y servicios de Dalet permiten a los operadores de radio y televisión crear, administrar y distribuir contenido de manera rápida y eficiente. Es muy frecuente su uso en compañías que poseen sendos medios audiovisuales, unificando el software en uno solo y permitiendo además la reutilización de contenido, porque hace posible la distribución de noticias para televisión, radio, redes sociales y plataformas de distribución de noticias. En sus versiones más recientes permite controlar los dispositivos de producción tales como los mezcladores de audio y vídeo, los servidores, las cámaras de vídeo, los gráficos y las rotulaciones, la iluminación y las matrices de conexión, entre otros. La edición de ficheros de audio y el audio de los ficheros de vídeo es posible gracias a su integración con el software de edición de audio profesional Adobe Audition.^{82 83}

⁸¹ Dalet | Agile Media Solutions. (2021, 24 junio). Dalet. <https://www.dalet.com>

⁸² QinMedia. (s. f.). www.qinmedia.com. Recuperado 17 de julio de 2021, de <http://qinmedia.com/ProductosyPartner/P&PDalet.html>

⁸³ R. (2019, 11 abril). *Dalet OnePlay: automatización para estudios de nueva generación*. Panorama Audiovisual.

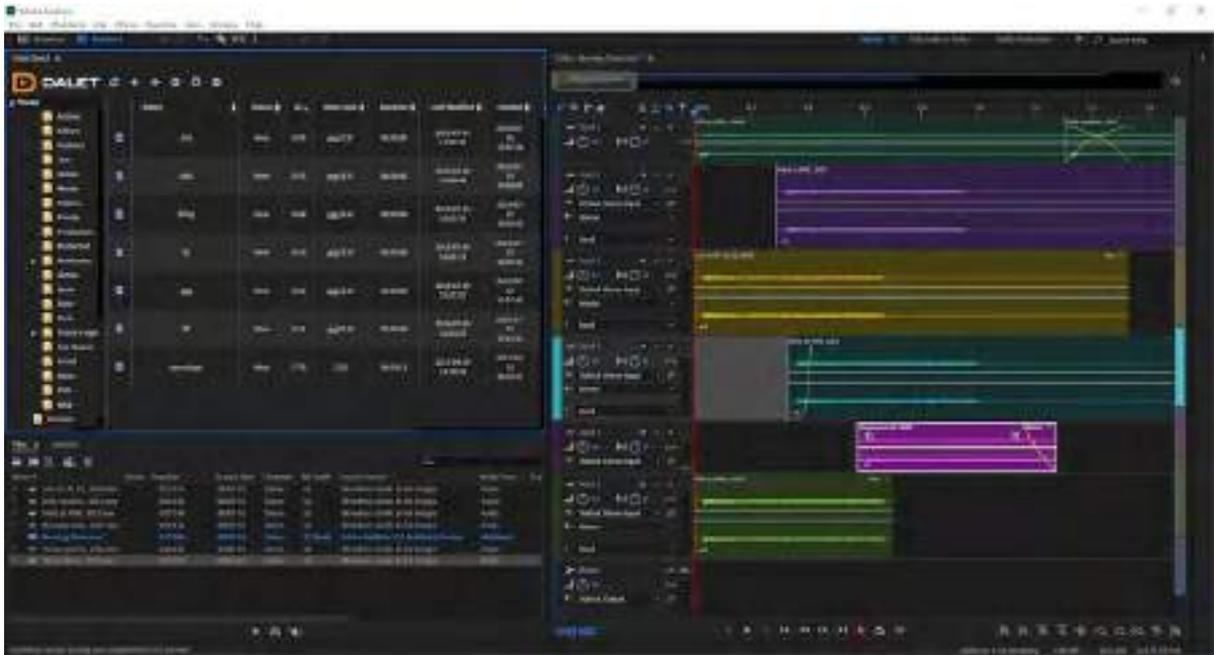


Figura 3.99 - Software Dalet con extensión Adobe Audition. (Fuente: Panoramaaudiovisual.com)

3. AEQ AudioPlus

El software de automatización con integración de grabación y edición de audio AEQ AudioPlus pertenece a la empresa española conocida por sus mesas de sonido y equipamiento broadcast, AEQ⁸⁴.

Es la evolución de los sistemas AEQ Mar4Suite y AEQ Mar4Win instalados en miles de estudios de alto y medio nivel. Está orientado a la mayoría de estudios de radio, estaciones autónomas desatendidas o cadenas con pocos puestos por estación. Incorpora herramientas para emisión en modo manual, automática y telecomandada, programación automática de música y publicidad, así como generación de ficheros de audio y edición de los mismos gracias a la integración del software de edición de audio Audacity. Admite el uso tanto de tarjetas de sonido profesionales como de tarjetas de sonido virtuales vía conexión USB.⁸⁵

⁸⁴ AEQ España - AudioPlus. (s. f.). www.aeq.es. Recuperado 17 de julio de 2021, de <http://www.aeq.es/productos/audioplus>

⁸⁵ R. (2012, 19 octubre). AEQ presentará en CAPER su nuevo sistema de automatización Audioplus. Panorama Audiovisual.



Figura 3.100 - Software AEQ AudioPlus. (Fuente: Panoramaaudiovisual.com)

4. ZaraRadio & ZaraStudio

Se trata de un software propietario desarrollado por el español Juan Antonio Ortega en colaboración con Radio Casares. Está destinado a la automatización de emisoras de radio, no llega a ser tan completo como el resto de softwares profesionales.

ZaraRadio es la versión gratuita del programa, el cual ha evolucionado a ZaraStudio, siendo esta la versión de pago. Aun así, es un programa muy extendido entre emisoras de radio semiprofesionales y amateurs, sobre todo de habla hispana por ser en castellano. Destaca por permitir almacenar y manejar listas de reproducción tanto en formato propio como en formato M3U, lo que le permite importar y exportar listas con gran facilidad y compatibilidad.

<https://www.panoramaaudiovisual.com/2012/10/19/aeq-presentara-en-caper-su-nuevo-sistema-de-automatizacion-audioplus/>

Posee módulo de eventos para programar espacios publicitarios, indicativos sonoros, redifusión de programas, y asignar fechas y horas determinadas de emisión, así como realizar desconexiones locales y conexiones nacionales si se utiliza en cadenas de radio. Además, dispone de un sistema de emisión de cuñas de manera inmediata sobre el audio que esté sonando en ese momento y la reproducción de temas musicales de manera aleatoria únicamente indicando en qué ubicación se encuentran alojados los ficheros. Cabe resaltar también la integración del sistema de locuciones horarias, el cual permite con tan solo pulsar un botón, incluir locuciones de horas si se realiza un evento en directo, o de manera automática si se trata de una lista de reproducción o de eventos programados.

Permite trabajar con los formatos de audio más populares: MP2, MP3, WAV, OGG Vorbis, WMA, FLAC y AAC, todo ello sin incluir restricciones en cuanto a frecuencias de muestreo o tasa de bitrate, por lo que no precisa del uso de convertidores de audio. Admite hasta 6 tarjetas de sonido de manera simultánea, siempre y cuando sean compatibles con el sistema operativo Windows e incluye registro de los elementos emitidos, a modo de auditor.⁸⁶



⁸⁶ *ZaraRadio, software para radio gratis.* (2008, 9 septiembre). Audio News. <https://audionews.wordpress.com/2007/09/20/zararadio-software-para-radio-gratis/>

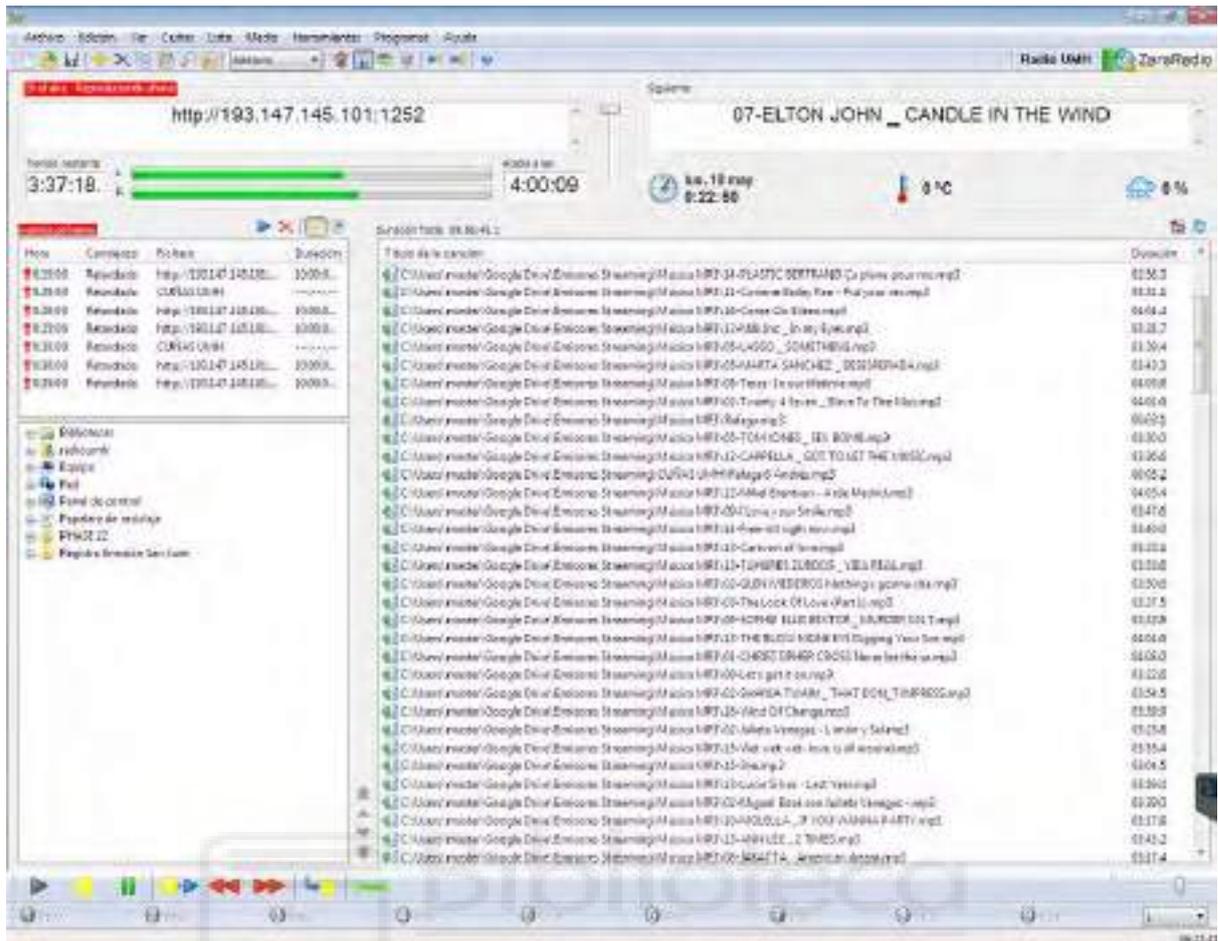


Figura 3.101 - Software ZaraRadio. (Fuente: Radio UMH)

5. Vimar - Radit

Vimar⁸⁷ es un proyecto reciente de software libre, gratuito y compatible con sistemas GNU-Linux, Windows y Mac OS X. Desarrollado para la automatización de emisoras de radio, originariamente el proyecto fue iniciado por el desarrollador español Victor Algaba como Freeware; y en colaboración con la Fundación Radit, se desarrolló como Software Libre, con el código fuente disponible bajo la licencia GNU GPL. Su desarrollador se inspiró en el software gratuito ZaraRadio, mejorando sus funcionalidades.

Es un software muy extendido en Latinoamérica, donde la cultura de los radios libres está muy arraigada. El aporte de este software a la sociedad de radios comunitarias fue tal, que en el año 2014, a su desarrollador se le concedió el premio “Radios Libres 2014”, otorgado

⁸⁷ U. (2021, 17 julio). RADIT SL para automatización de radios. Aprender con libertad. <https://aprenderconlibertad.blogspot.com/2012/11/radit-software-libre-para.html>

por el espacio de formación sobre tecnologías libres para radios comunitarias *Radios Libres*⁸⁸.

Se caracteriza por las rotaciones musicales, listas de reproducción, eventos, secuencias, tandas y demás funciones de uso diario en una emisora de radio; soporta una gran variedad de ficheros de audio como son WAV, MP2, MP3, OGG Vorbis, FLAC y WMA; dispone de soporte gratuito y foro específico gracias a la comunidad de usuarios que hay tras él y a los videotutoriales que la propia Fundación Redit ha publicado en su canal de YouTube. Además, es un programa que consume muy pocos recursos para su funcionamiento, por lo que se puede instalar en equipos que posean unos requisitos mínimos, sin necesidad de potentes equipos.⁸⁹



⁸⁸ Libres, R. (2015, 14 enero). *Premio Radios Libres 2014 – Radios Libres*. www.radioslibres.net. <https://radioslibres.net/premio-radios-libres-2014/>

⁸⁹ Apasionados, A. R. Y. (2012, 6 agosto). *R4DIT – Radialistas*. www.radialistas.net. <https://radialistas.net/r4dit/>

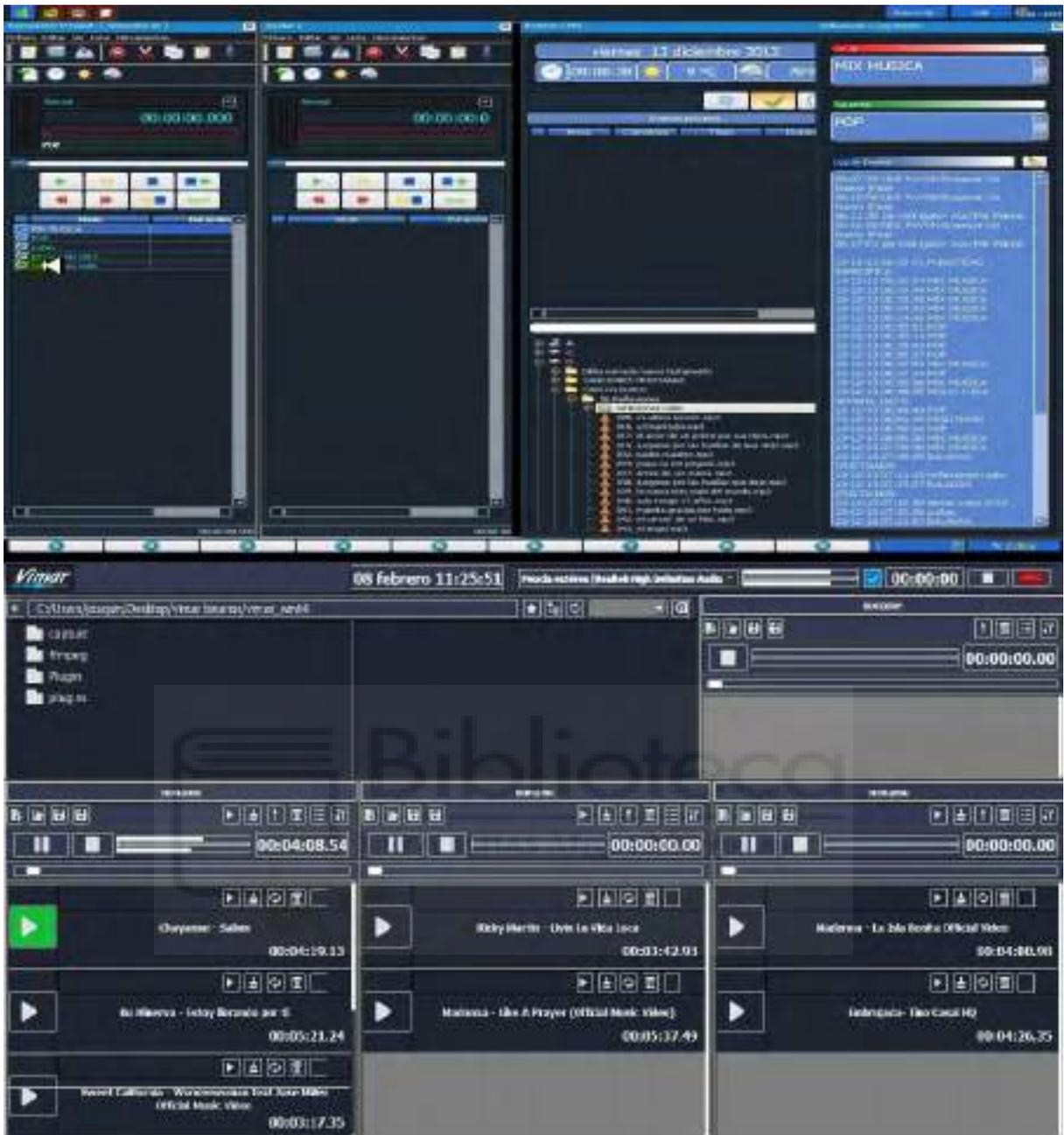


Figura 3.102 - Software Radit (arriba) vs Vimar (abajo). (Fuente: Youtube.com y Radit.org)

6. G-Radio

Es un programa habitual en emisoras de habla hispana. Sobre todo, tiene incursión en Latinoamérica, dado que permite la automatización de estaciones de radio y televisión, está basado en GNU/Linux y posibilita automatizar por completo la emisión implementando parrilla musical, cuñas publicitarias, pisadores de audio, señalización horaria, registro de audios emitidos para auditoría, e incluso streaming de audio. El

software admite operar en modo automático, semiautomático o manual, para la realización de programas en directo tales como noticiarios o retransmisiones deportivas.⁹⁰



Figura 3.103 - Software G-Radio. (Fuente: [G-radio.org](http://www.g-radio.org))

3.19 Emisoras Comerciales

Las emisoras comerciales, también conocidas como “radiodifusión privada”, emiten sus programas por medios de comunicación corporativos privados en lugar de los patrocinados por el Estado.

Constituyen el primer modelo de radio en Estados Unidos, surgido en los “felices años 20”, contraponiéndose al modelo público que se daba en el continente Europeo durante las décadas posteriores y que duró hasta los años 80.

Sus características principales son: el uso de publicidad (que supone su modelo de subvención), la coexistencia con servicios de pago (suscripciones) y los índices de audiencia, que suelen ser superiores a los de las públicas.

⁹⁰ *G radio – Automatización profesional para radio y TV.* (s. f.). www.g-radio.org. Recuperado 17 de julio de 2021, de <http://www.g-radio.org/>

Existe cierta controversia alrededor de la radiodifusión comercial, porque la necesidad de rédito económico causa que; por una parte, los asuntos locales queden en el olvido y, por otro, hay una gran cantidad de publicidad. A su vez, los intereses comerciales y/o políticos sesgan el contenido: es habitual la censura y la tergiversación de los criterios de noticiabilidad, ya que la importancia otorgada a las informaciones obedece a los factores enunciados anteriormente.

Las radios comerciales no son el modelo a seguir para el proyecto que se desarrolla, pero es importante conocer sus características para comprender el contexto de la radiodifusión africana y, en específico, de la ruandesa.

3.19.1 Radio Rwanda

Radio Rwanda es una emisora de servicio público ruandesa con más de 55 años de historia. Desempeña un papel influyente hoy en día en los medios de comunicación del país debido a que posee varias plataformas de distribución de contenidos. En 2013, como se expuso anteriormente, ORNIFOR pasa a ser la Agencia de Radiodifusión de Ruanda, transformando la que en origen fue una emisora estatal a otra de servicio público, ratificando nuevos mandatos y leyes que rigen la organización. En sus propias palabras, se definen como una “emisora de servicio público”, sirven de “puente” en la sociedad para la comunicación y el diálogo entre los ciudadanos; abogando por la “participación”, la “no discriminación”, transparencia y la [responsabilidad](#).

La producción de noticias y desarrollo de programas que involucran a los ciudadanos en sus comunidades también informan sobre nuevas políticas y las ya existentes, además de dar a conocer eventos locales y regionales y entretenimiento. Además de Radio Rwanda como emisora nacional de radio, posee seis radios locales adscritas a diferentes regiones del país y Magic FM, centrada en los jóvenes. A su vez, transmiten contenidos en línea a través del sitio web y aplicaciones móviles para la radio y la televisión.

Radio Rwanda, al ser la emisora nacional del país cuenta con una cobertura de entorno al 98%, como muestra el informe de la RURA a fecha 26 de mayo de 2020 ([ANEXO I](#)), dispone de 28 transmisores repartidos en 17 centros emisores ubicados a lo largo de todo el país ruandés.

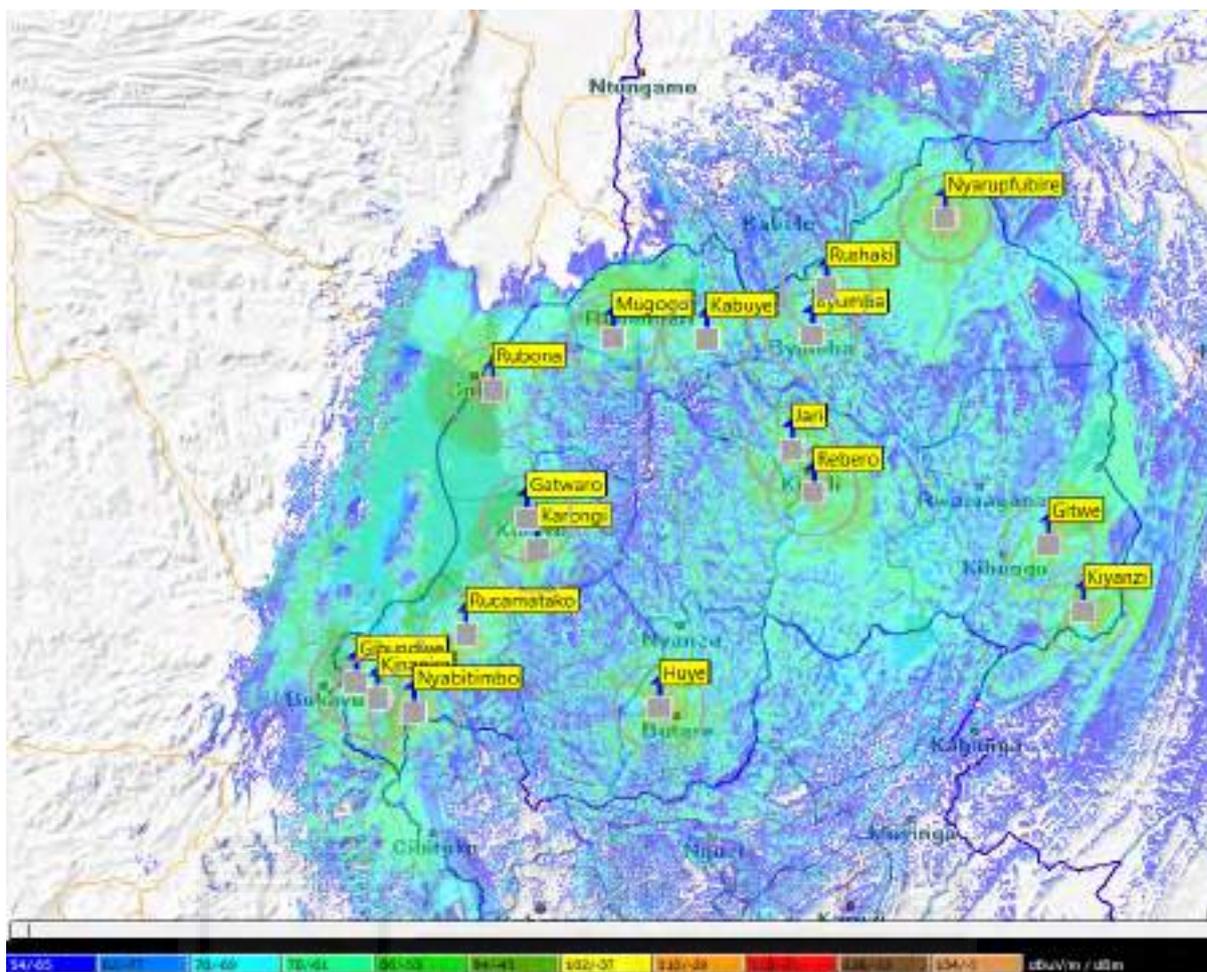


Figura 3.104 - Mapa aproximado de cobertura de Radio Rwanda. (Fuente: [ANEXO I](#))

Sus centros emisores fueron completamente remodelados gracias al programa “Visión 2020”. Por ejemplo, en abril de 2016 RBA Media Center lanzó una nueva emisora de radio en el distrito de Kirehe a través del centro emisor ubicado en la colina de Kiyanzi para el sector de Nyamugari, con el dial 99.3 FM y para dar apoyo a los diales 92.4, 100.7, 103.9, 104.7 y 88 FM.

Además, siguiendo con la mejora de la señal de radio a los distintos puntos de la geografía del territorio ruandés, en 2016 también se construyó otro centro emisor en la cima de la colina Kabuye, para dar cobertura a la provincia del norte. La mejora de la recepción de la señal de FM y televisión, ha supuesto un beneficio para más de 30.000 hogares en el distrito de Gakenke y muchos otros en los distritos de Burera y Rulino, con un coste de 180 millones de rupias, según Arthur Asimwe, director general de la RBA.⁹¹

⁹¹ *Republic of Rwanda*. (s. f.). www.gakenke.gov.rw. Recuperado 17 de julio de 2021, de https://www.gakenke.gov.rw/index.php?id=38&tx_news_pi1%5Bnews%5D=115&tx_n



Figura 3.105 - Centro emisor de Radio Rwanda en la colina Kiyanzi, 14 de abril de 2016. (Fuente: Rba.co.rw)



Figura 3.106 - Centro emisor de Radio Rwanda en la colina Kabuye, abril de 2016. (Fuente: Gakenke.gov.rw)

ews_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&cHash=1c8f0872afa316ee8a9db35713b8b907



Figura 3.107 - Centro emisor de Radio Rwanda en el monte Mugogo, 31 de julio de 2018. (Fuente: Agage.mit.edu)



Figura 3.108 - Centro emisor de Radio Rwanda en el volcán Karisimbi, 3-5 de agosto de 2018. (Fuente: Countryhighpoints.com)

En lo referente a sus centros emisores, equipan transmisores CTE TX1 - HE FM, CTE TX30 FM y Broadcast Electronics FM100 y FM20, así como antenas dipolo de alta potencia y arrays de hasta 6 antenas en X, junto con encoders DIGITAL STEREO & RDS/RBDS.



Figura 3.109 - Equipamiento interior de un centro emisor RBA 1, 21 de mayo de 2015.
(Fuente: [Youtube.com](https://www.youtube.com))



Figura 3.110 - Equipamiento interior de un centro emisor RBA 2, 21 de mayo de 2015.
(Fuente: [Youtube.com](https://www.youtube.com))

Al tratarse de la radio nacional, cuenta con una gran cantidad de estudios de radio situados en toda la geografía de su territorio. Destaca que sus estudios principales están equipados, generalmente; con mesas de sonido digitales STUDER OnAir 2500, microfonía Newmann o AKG, auriculares Sennheiser o Beyerdynamic, monitores Genelec, periféricos TASCAM y soportes de microfonía Yellowtec MiKA.^{92 93}



Figura 3.111 - Control de Radio Rwanda con mesa de sonido STUDER OnAir 2500, 26 de abril de 2019. (Fuente: [Facebook.com](https://www.facebook.com))

⁹² *Amakuru Agezweho kuri Radio Rwanda ugezweho na JDS.* (2020, 17 agosto). YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=8zLAW0T0OTE>

⁹³ *Umva ba banyamakuru b'imikino wakunze kuri Radio Rwanda| Bucyana, Rutagarama, Mbangukira na Gatare.* (2021, 13 febrero). YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=kMcOp5WAoRU>



Figura 3.112 - Control RBA MAGIC FM, Jari 90.7, 1 de diciembre de 2019. (Fuente: [Facebook.com](https://www.facebook.com))



Figura 3.113 - Locutorio de Radio Rwanda preparado para 5 integrantes, 6 de noviembre de 2017. (Fuente: [Facebook.com](https://www.facebook.com))

También disponen de delegaciones con equipamiento analógico referente en su momento a nivel tecnológico, como es la mesa de sonido analógica Studer, la línea híbrida telefónica D&R, los micrófonos Newmann y los auriculares Sennheiser HD 280 PRO, como los utilizados en los estudios de RBA CR HUYE FM, en Huye.



Figura 3.114 - Estudio RBA CR HUYE FM, Huye 100.4, 14 de octubre de 2020.
(Fuente: [Facebook.com](https://www.facebook.com))

3.19.2 Radio María

Definida como una estación “apolítica y no comercial”, [Radio María](https://www.radiomaria.org/) promueve la conversión de sus oyentes para que lleven una vida en consonancia con los valores evangélicos. Muchos de los escuchantes dan testimonio de esta conversión, e incluyen la oración diaria como “acompañamiento” de los más vulnerables (personas mayores y enfermas).

Los programas son “educativos evangélicos” que “desafían” el progreso espiritual y socioeconómico. Cada mañana, Radio María ofrece una “oportunidad especial” para que todos aquellos que no puedan acudir a la Eucaristía de forma presencial lo hagan a través de las ondas. Además, todas las noches, se reza el rosario y otras oraciones cristianas.



Figura 3.116 - Centro emisor de Radio María Rwanda en Byumba, 3 de julio de 2020.
(Fuente: [Facebook.com](https://www.facebook.com))

Sus estudios iniciales están situados en la sede de la Diócesis de Kabgayi, donde comenzaron sus emisiones el 15 de agosto de 2004 con equipamiento analógico, como la consola AxelTech Oxygen 4. Pero desde la inauguración de su nueva sede en el distrito de Kibagabaga (Kigali) el 24 de marzo de 2018, Radio María cuenta con estudios digitales de primer nivel, cuya edificación y equipamiento han costado alrededor de 300 millones de rupias.⁹⁴ Cuenta con equipamiento digital Mandozzi CIMIX y AxelTech, líneas telefónicas digitales COMREX, audiocodificadores IP Tieline, procesadores de audio Orban OPTIMOD 5500i, microfonía AKG C214, auriculares Sennheiser HD 280 Pro, monitores de sonido Yamaha, periféricos TASCAM y soportes de microfonía y monitoreo de la prestigiosa marca alemana Yellowtec MiKA.^{95 96}



⁹⁴ Claude, N. J. (2018, 24 marzo). *Radio Maria Rwanda yatashye inyubako y'icyicaro cyayo yatwaye hafi miliyoni 300 Frw (Amafoto)*. IGIHE. <https://igihe.com/iyobokamana/article/radio-maria-rwanda-yatashye-inyubako-y-icyicaro-cyayo-yatwaye-hafi-miliyoni-300>

⁹⁵ Facebook - Meld je aan of registreer je. (s. f.). Facebook. Recuperado 17 de julio de 2021, de <https://www.facebook.com/unsupportedbrowser>

⁹⁶ N., U., U., & U. (s. f.). *INAUGURATION DE KIBEHO RADIO MARIA – Radio Maria Rwanda*. www.radiomaria.rw. Recuperado 17 de julio de 2021, de <https://www.radiomaria.rw/inauguration-de-kibeho-radio-maria/>



Figura 3.117 - Control estudio Radio María Rwanda en Kibagabaga, 24 de marzo de 2018. (Fuente: Igihe.com)



Figura 3.118 - Locutorio estudio Radio María Rwanda en Kibagabaga, 24 de marzo de 2018. (Fuente: Igihe.com)

Tras contactar con Radio María Rwanda a través de sus diferentes vías de contacto, el personal técnico de la emisora nos informó que no tenía autorización para facilitarnos información de índole técnica, remitiendonos a la persona responsable a nivel técnico de Radio María en Italia, el día 4 de junio de 2021. Pese a intentar contactar por diversas vías, a fecha de la presentación de este proyecto, no se ha obtenido respuesta.

3.19.3 KT Radio

Kigali Today es un medio de comunicación cuyos contenidos se distribuyen a través de plataformas digitales, sociales y de vídeo. En sus propias palabras, mediante los mismos, reflejan “el pulso de la nación” y sirven como “anfitriones” de la conversación ruandesa. Fundada en marzo de 2014, su misión es servir de foro para el entendimiento y encuentro de todos los habitantes; difundiendo noticias regionales, nacionales e internacionales.

Dentro del conglomerado Kigali Today Ltd., se incluye KT Radio, una de las tres emisoras con una cobertura de más del 80% del país. Su contenido se emite en kinyarwanda, una de las lenguas oficiales, y se muestra de igual manera en su página web.

El medio de comunicación KT Radio, con un 80% de presencia en el país ruandés, es la emisora comercial con más cobertura de radio según el informe de la RURA de fecha 26 de mayo de 2020 ([ANEXO I](#)), cuenta con 5 transmisores de radio ubicados en 5 centros emisores, cubriendo así las 5 regiones del país.



Figura 3.119 - Gráfico diales KT Radio. (Fuente: Ktradio.rw)

A partir de febrero de 2016 empezó a expandir su cobertura más allá de su dial 96.7 FM en la capital ruandesa, para ello realizaron la instalación de su segundo centro emisor en Nyarupfubire, transmitiendo en la frecuencia 107.9 MHz para las provincias del este, acto seguido a partir de marzo del mismo año se instaló su tercer centro emisor en el país en la provincia del sur a través del dial 107.9 FM.

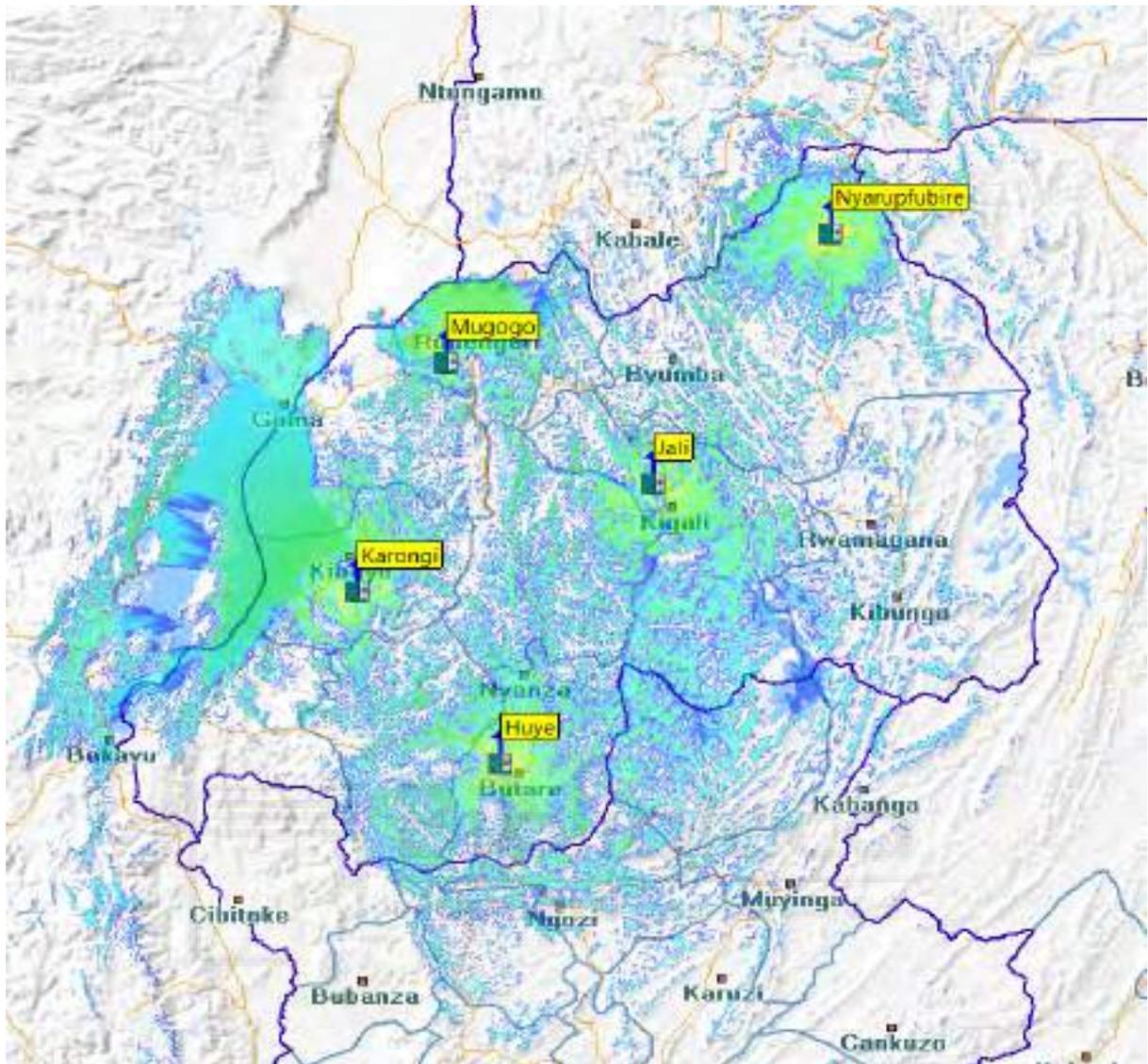


Figura 3.120 - Mapa aproximado de cobertura de KT Radio. (Fuente: [ANEXO I](#))

En abril de 2017 llevaron a cabo la implementación de un nuevo centro emisor en Karongi, lo que suponía el cuarto centro emisor de la cadena, para así dar cobertura a través del dial 103.3 FM a la zona de población que habita la parte occidental del país. El objetivo de la emisora en palabras de su director, es dar información a todos los ruandeses sobre su país, por ello tras la ejecución de este centro emisor, se procedió a la instalación del quinto y último centro emisor de KT Radio en Rwanda, el situado en el monte Mugogo, para dar cobertura a través del dial 101.1 FM a la provincia norte del territorio, y así completar prácticamente la totalidad del territorio, convirtiéndose junto con Radio María Rwanda en la primera emisora comercial del país.⁹⁷

⁹⁷ Ndayisaba, E. (s. f.). *KT Radio yatangiye kumvikana mu Burengerazuba bw'igihugu*. Kigali Today. Recuperado 17 de julio de 2021, de



Figura 3.121 - Centro emisor de KT Radio en Rebero (Kigali), 28 de febrero de 2016.
(Fuente: [Kigalitoday.com](http://www.kigalitoday.com))

<https://www.kigalitoday.com/amakuru/amakuru-mu-rwanda/article/kt-radio-yatangiye-kumvikana-mu-burengerazuba-bw-igihugu>



Figura 3.122 - Centro emisor de KT Radio en Karongi, 18 de abril de 2017. (Fuente: Kigalitoday.com)

Sus nuevos centros emisores reciben la señal de programa y las contribuciones desde los estudios centrales a través de audiocodificadores IP y sistemas RDS, ambos de la compañía DEVA Broadcast. Incorporan procesadores de audio Axel Falcon 3 y amplificadores de distribución de señal de audio Sonifex Redbox RB-DA6, así como recurren a los transmisores STL para radiar la señal de emisión a través de dipolos de alta potencia.



Figura 3.123 - Rack de equipamiento de contribución y monitorización de KT Radio, 28 de febrero de 2016. (Fuente: Kigalitoday.com)



Figura 3.124 - Operario instalando los dipolos de alta potencia en la torre del centro emisor de KT Radio en Nyarupfubire, 28 de febrero de 2016. (Fuente: Kigalitoday.com)

Su estudio de radio equipa una mesa de sonido analógica AXEL Oxygen 4 de 20 canales, líneas telefónicas GSM MUSITEL, y microfónica Neumann BCM 705, todo ello equipamiento muy robusto con excelente comportamiento demostrado en el medio radiofónico.



Figura 3.125 - Estudio KT Radio, 24 de mayo de 2021. (Fuente: [Facebook.com](https://www.facebook.com))



Figura 3.126 - Detalle consola analógica AXEL Oxygen 4 de 20 canales y micrófono Neumann BCM 705, KT Radio, octubre de 2016. (Fuente: Bce.lu)

En abril y junio de 2021 se contactó a través de las vías de contacto habilitadas por KT Radio para obtener información técnica más detallada sobre su emisora, pero a la fecha de la presentación de este proyecto, no se ha obtenido respuesta.

3.19.4 Radio SALUS

Radio Salus nace en 2005 en la antigua Universidad Nacional de Ruanda (actualmente Universidad de Ruanda, Campus de Huye). Fue un proyecto ejecutado por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), con el objetivo de crear un nuevo medio de comunicación independiente.

Cuando se inauguró oficialmente en noviembre de 2005, 26 estudiantes y tutores de la Universidad Nacional de Ruanda (NUR), habían completado primeramente la sesión de formación que organizó la UNESCO y que financió el Gobierno japonés. También en noviembre, pero de 2008, 102 periodistas habrían recibido directrices ya a través de Radio SALUS, haciendo posible incluso que muchos estudiantes continuasen trabajando allí como periodistas en prácticas. Cuando se gradúan, toda esta formación hace que sus

estudiantes adquieran muchas competencias que, a la hora de buscar trabajo, suponen un valor diferencial. Cabe destacar que esta es la filosofía que siguen las radios universitarias: preparar a los estudiantes para que sepan desenvolverse de forma óptima en el momento en el que se abren al mundo laboral. En un panorama competitivo, toda la formación extra que puedan adquirir les será útil. Este aspecto educativo es un factor determinante para la diversificación de la programación de los medios en Ruanda, y para devolver la confianza en la radio privada como medio de comunicación viable.

Así, el impacto en los estudiantes de la NUR y el objetivo general de desarrollar los medios de comunicación, otra meta de esta emisora es, en sus propias palabras, “mejorar la democracia en Ruanda”. Por una parte, añadir que esto tiene mucho sentido si se recuerda que Radio Salus fue una de las primeras emisoras privadas que comenzaron a emitir desde el genocidio de 1994. Por otra parte, la democratización del país se promueve mediante la libre circulación de la información y el fomento de la libertad de expresión.

La emisora universitaria Radio SALUS goza de gran reconocimiento y presencia dentro del territorio ruandés, pese a su condición de emisora de ámbito académico, tiene una cobertura del 65% del territorio, aproximadamente, con únicamente dos centros emisores situados en la capital y en la región sur del país, a fecha 26 de mayo de 2020.

Radio SALUS realiza una gran labor comunitaria, destacando el empoderamiento de las mujeres africanas y dar voz a aquellos que no la tienen, como a las personas con diversidad funcional, como por ejemplo, a las personas ciegas a las que tienen empleadas. De esta manera, se envía a la sociedad un mensaje contra la discriminación, transformando una comunidad y un país en conjunto.

Aboga por la participación del público en los programas a través de diversos mecanismos, como la emisión de “programas animados” en directo, en los que los oyentes llaman y entran en ellos. También habilitan los comentarios en sus redes sociales, siendo Facebook la más utilizada. Y finalmente ponen a disposición de los interesados una tarjeta de tarifas para aquellos que quieran anunciarse en la emisora.

Radio Salus emite 24 horas al día y siete días a la semana, y sus programas llegan a toda la población de Ruanda. Pero no solo eso, porque también se escuchan en las

comunidades vecinas de la República Democrática del Congo y Burundi. Dado el modelo utilizado, el de una radio universitaria, recoge en su equipo tanto a periodistas profesionales como a estudiantes de Periodismo. La programación es realmente variada, cada semana se emiten más de 25 programas diferentes sobre una gran diversidad de temas, siendo estos educación, economía, salud, historia de Ruanda, programas específicos para mujeres y deportes, así como las noticias habituales o diferentes espacios con géneros musicales autóctonos de varias zonas. Podemos apreciar cómo hay franjas horarias de country americano o música francesa, así como también música africana o reggae.

RADIO SALUS PROGRAM SCHEDULE FROM 01-NOVEMBER 2014

TIME	MONDAY	TUESDAY	WEDNESDAY	THURSDAY	FRIDAY	SATURDAY	SUNDAY	
0700 - 0730	MUSIC							
0730 - 0755	RDSH/ONTRE & PHOTO/AFRICA IN PROGRESS/BRIDGES WITH AFRICA							
0755 - 0800	MUSIC	HAMBERE HANZE Repeat	UMUZIKI Repeat	IBIDUKIKI Repeat	MUSIC	MUSIC	GOSPEL MUSIC IYOBOKAMANA Repeat	
0800 - 0830	UMURANGA						GOSPEL MUSIC	
0830 - 0730	MUSIC	AMAKURU						
0730 - 0800	KWAMAMAZA & AMATANGAZO							
0800 - 0930	IBIRYA Y'IBO TSE Show							
0930 - 1000	HAMBERE HANZE	IBIDUKIKI	HAMBERE MU RWANDA	MENYA NDI	MU RUTOHERO	AMBIENCE LOVE	KARATE NYUZE	
1000 - 1030	UMUZIKI NYARWANDA (YUBAHENYE) (Interinternet)	UMUZIKI NYARWANDA (UMARIGIHE)	UMUZIKI NYARWANDA (GOSPEL)	UMUZIKI NYARWANDA (UWUKI GIBI)		MENTA NDI Repeat	UMUZIKI NYARWANDA (YUBAHENYE)	
1030 - 1100						WEEKEND SPORTS	NYERUKA NYINYA	
1100 - 1130			REGGAE MUSIC	AFRICAN MUSIC	ROCK MUSIC			
1130 - 1200	SALUS RELAX Repeat					MUSIC	SECW MUSIC	
1200 - 1230		SLOW MUSIC (FRANCAIS)	SLOW MUSIC (ENGLISH)	COUNTRY AND BLUES MUSIC	UMUZIKI WUBURWE		ANNOUNCEMENTS & ADS	
1230 - 1300		KWAMAMAZA & AMATANGAZO					MUSIC	
1300 - 1400	IBUKUNGU	INGANZO	IYOBOKAMANA	UMUZIMA	AMATEJERO NUBUCAMAZA	ROCK MUSIC		
1400 - 1430								
1430 - 1500	INTASHYO (Telephone) +FACEBOOK	INTASHYO (Telephone) +FACEBOOK	INTASHYO (Telephone) +FACEBOOK	INTASHYO (Telephone) +FACEBOOK	INTASHYO (Telephone) +FACEBOOK	MUSIC	INTASHYO (Telephone) +FACEBOOK	
1500 - 1530								
1530 - 1600	UMUZIKI + KUGANIRA (CONNAISSANCE INTERNET)	UMUZIKI + KUGANIRA (CONNAISSANCE INTERNET)	UMUZIKI + KUGANIRA (CONNAISSANCE INTERNET)	UMUZIKI + KUGANIRA (CONNAISSANCE INTERNET)	UMUZIKI + KUGANIRA (CONNAISSANCE INTERNET)	INTASHYO (Telephone) +FACEBOOK	UMUZIKI + KUGANIRA (CONNAISSANCE INTERNET)	
1600 - 1630								
1630 - 1700	UBUHINZI	MUSIC	MUSIC	MUSIC (Interinternet)	MUSIC	MUSIC		
1700 - 1730	AMAKURU							
1730 - 1800	KWAMAMAZA & AMATANGAZO							
1800 - 1830	KIBIRINKA						MUSIC	
1830 - 1900	SALUS SPORTS						SALUS QUIZ	
1900 - 1930	SALUS SPORTS						SALUS SPORTS	
1930 - 1945								
1945 - 2000	IMFANYI NYARWANDA (IRASHI)	IMBERE IRIZA	TURUNGERE ADANA	MUSIC (Interinternet)	IMFANYI NYARWANDA (IRASHI)	MUSIC	MUSIC	
2000 - 2030	AMAKURU							
2030 - 2100	KWAMAMAZA & AMATANGAZO							
2100 - 2130	MUSIC	MUSIC	INGUA NA RADIO SALUS	INKERA (GITABAMO)	HAMBERE MU RWANDA Repeat	SALUS TOP 10	INKERA (GITABAMO)	
2130 - 2200		SALUS & VUS			FRIDAY ROCK I AM			
2200 - 2300		SALUS SPORTS Repeat						TUKANYI
2300 - 0000		SALUS SPORTS Repeat						SALUS RELAX
0000 - 0100	MUSIC							

Figura 3.127 - Parrilla de Radio Salus durante el mes de noviembre de 2014. (Fuente: Salus.ur.ac.rw)

Gracias a sus programas educativos sobre economía, medio ambiente, salud e historia; Radio Salus se transforma en una herramienta de desarrollo socioeconómico para muchos ruandeses. Por ejemplo, la emisora ha contribuido a educar a los pequeños empresarios locales sobre cómo divulgar sus productos y servicios o formas actualizadas y eficientes de tratar los cultivos y el ganado.

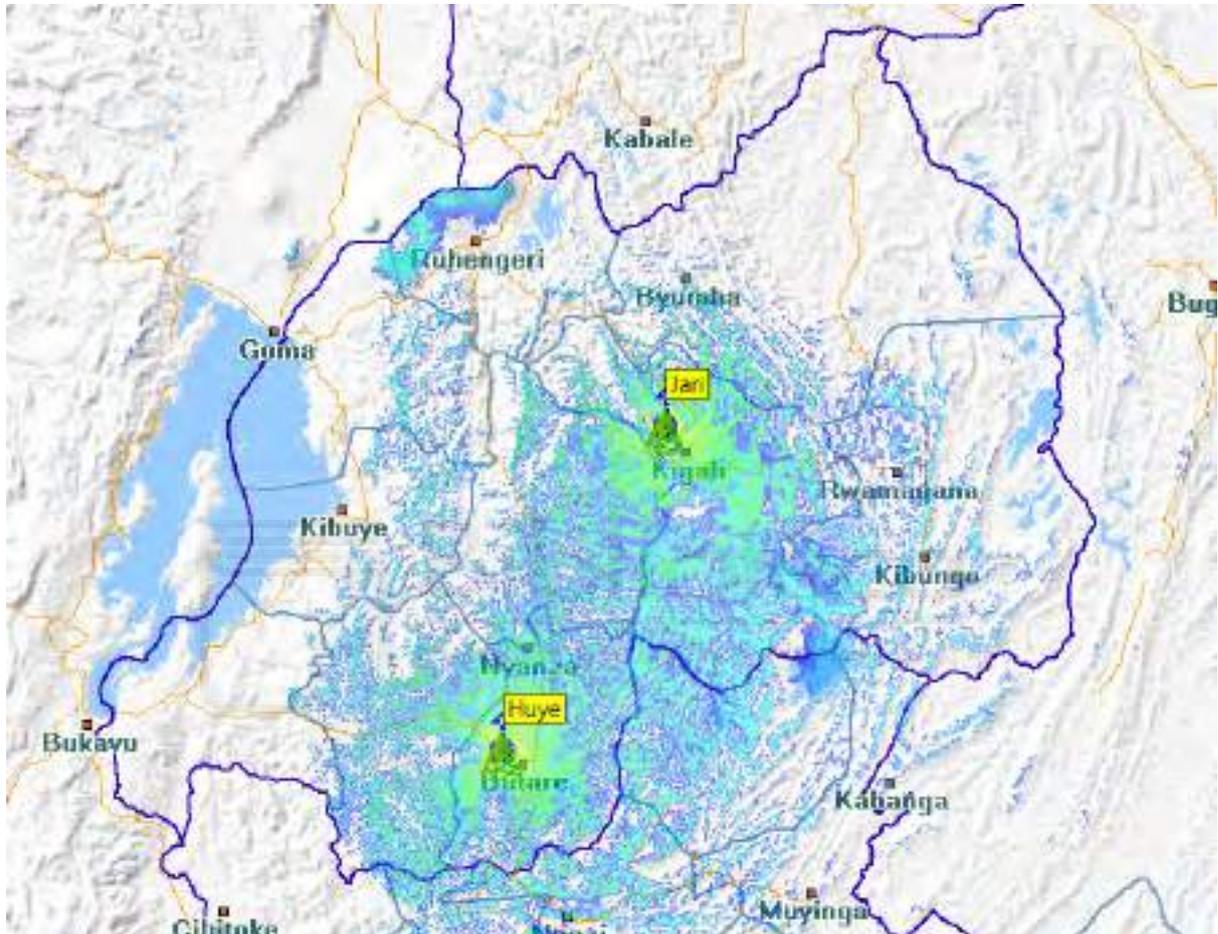


Figura 3.128 - Mapa aproximado de cobertura de Radio SALUS. (Fuente: [ANEXO I](#))

Con el centro emisor situado en el Monte Huye radian su señal hacia la provincia sur, parte de las provincias del este, norte y oeste, así como el norte de Burundi. En cuanto al centro emisor situado en el monte Jali, da cobertura a la ciudad de Kigali y parte de la provincia norte y este del país, ambos centros emisores emiten la señal a 1 kW de potencia a través de sus transmisores Mozart Next 1000W, sus sistemas radiantes formados por dos pares de antenas Yagi emitiendo en polarización horizontal, y un sistema array de cuatro dipolos en polarización vertical. Las comunicaciones entre estudio y centro emisor se realizan a través de sistemas de radioenlace de 8 a 15 W operando a una frecuencia de 310 MHz, todo el material de alta frecuencia pertenece a la serie STL de la empresa DB Broadcast.



Figura 3.129 - Transmisor Radio SALUS situado en el monte Huye. (Fuente: Salus.ur.ac.rw)



Figura 3.130 - Sede Radio SALUS situada en Huye, 26 de abril de 2018. (Fuente: [Facebook.com](https://www.facebook.com))

Su estudio principal cuenta con capacidad para 4 personas y equipa una consola de sonido analógica D&R Airlab DT, auriculares Sennheiser HD 280 PRO y microfonía Sennheiser e835, así como soportes de microfonía antivibraciones König & Meyer.



Figura 3.131 - Estudio Radio SALUS equipado con mesa de sonido analógica D&R Airlab DT, 17 de marzo de 2021. (Fuente: [Facebook.com](https://www.facebook.com))

Poseen, además, otro estudio con capacidad para 3 integrantes con una consola analógica Axel Oxygen 4 de 10 canales, micrófonos Shure SM58 y auriculares Audio-Technica y Behringer, utilizan el software de edición y grabación de audio Adobe Audition en su versión 1.5 y los softwares Hector Radio Automation y Bitonlive Flu-0 para la emisión de contenidos. En pro de garantizar el correcto procesado de la señal de audio del estudio, incorporan en su sistema de emisión un procesador de audio profesional DM Vibe 3 FM.



Figura 3.132 - Estudio Radio SALUS equipado con mesa de sonido analógica Axel Oxygen 4 de 10 canales, 19 de julio de 2020. (Fuente: [Facebook.com](https://www.facebook.com))

La información técnica anteriormente mencionada ha sido facilitada por el personal de Radio SALUS, a través de su ingeniero técnico, Eugene Theophile Uwiragiye, el 2 de junio de 2021.

4. DISEÑO EMISORA RADIO UMH - RUANDA

Tras analizar el panorama radiofónico en el país ruandés pasamos a detallar la propuesta de estudio de radio para la sede de la Universidad Miguel Hernández en Ruanda, estudio que servirá de nexo para futuras colaboraciones entre Radio UMH y el denominado “Quinto campus de la UMH”^{98 99}.

4.1 Ubicación

El estudio de radio se va a situar en la Escuela Superior de Ciencias (ESSA) Ruhengeri, ubicada en el distrito de Musanze.

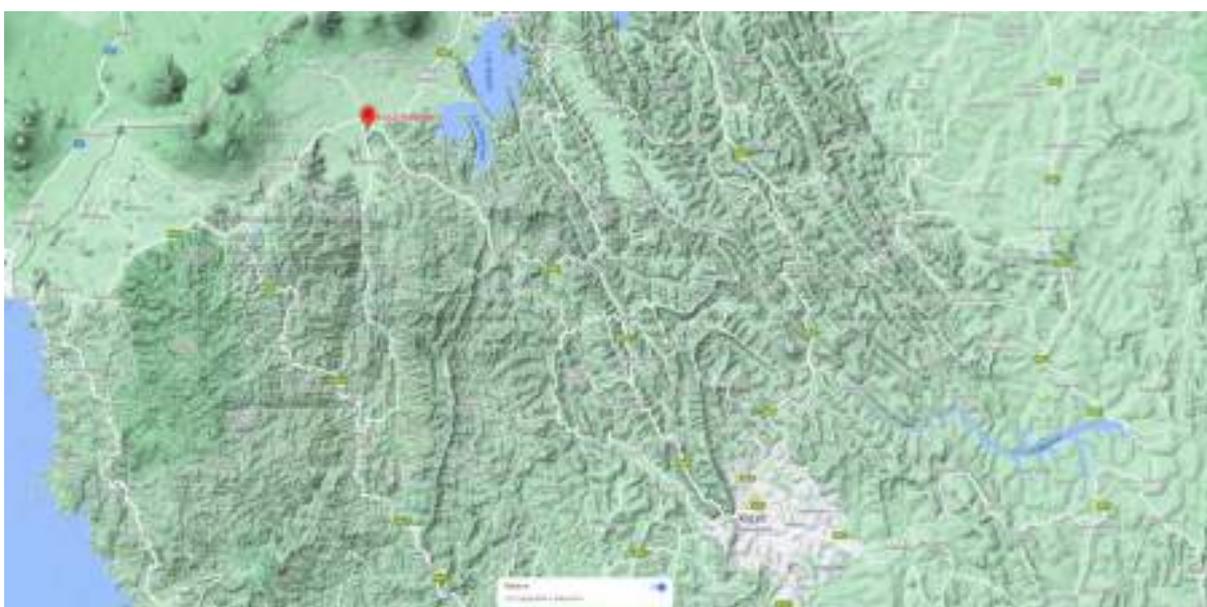


Figura 4.1 - Ubicación ESSA Ruhengeri (icono rojo) respecto de Kigali, la capital del país (sombreado gris). (Fuente: Google Maps)

En ella, el centro habilitará un espacio suficiente para poder albergar el equipamiento técnico necesario para montar el estudio de radio de tipo autocontrol, en el cual personal técnico y personal locutor compartirán espacio de trabajo. Se situará en una estancia de poco tránsito de personal para que sea tranquila y esté libre de ruidos.

⁹⁸ S., A. J. (2017, 28 julio). *El quinto campus de la UMH. . . en Ruanda*. Información. <https://www.informacion.es/elche/2017/07/28/quinto-campus-umh-ruanda-6448976.html>

⁹⁹ *Ruanda, el quinto campus*. (2016, 10 octubre). Relaciones Internacionales. <https://internacional.umh.es/ruanda-el-quinto-campus/>

4.2 Nuestro diseño específico

El diseño de emisora ideado para este proyecto se basa en un estudio de radio modesto, pero con equipamiento robusto para poder soportar una larga vida útil sufriendo las menores averías posibles, y en caso de haberlas, que estas sean fácilmente solventables. Para ello, se propone un diseño que incorpore una mesa de sonido analógica con capacidad para 6 personas en locución, una línea telefónica, una tarjeta de reproducción y una tarjeta de grabación; así como un grabador externo para realizar copia de seguridad, un reproductor de música digital periférico y, de manera opcional, un tocadiscos para vinilos. De forma accesoria se incorporarán dos monitores de sonido, cartel luminoso ON AIR, 6 auriculares para locutores y un auricular para la persona que realiza el control técnico.



Figura 4.2 - Estudio Radio UMH Sant Joan d'Alacant. (Fuente: Radio UMH)

El esquema de conexión propuesto se centra alrededor de una mesa de sonido de 8 canales D&R Airmate USB que incluye 6 entradas de microfonía, 2 tarjetas de sonido USB y 2 módulos híbridos telefónicos, así como entrada y salida auxiliar, cleanfeed, señal de ON AIR y demás conexiones accesorias propias de las mesas de sonido broadcast. Para poder optimizar al máximo las conexiones de la mesa de sonido, se incluye el uso de un mezclador automático de microfonía para conectar 4 micrófonos, pudiéndose regular los 6 micrófonos de manera independiente, el micrófono 1 y 2 directamente desde mesa y los micrófonos del 3 al 6 a través del mezclador de microfonía, que a su vez realizará su inserción a la mesa de sonido a través del canal 3.

El canal 4 se utilizará para introducir las señales de periféricos tales como el reproductor externo a través de la línea A del canal, y el reproductor de vinilos a través de la línea B. Los canales 5 y 6 son utilizados como listas de grabación/reproducción en el ordenador a través de su conexión vía USB, dado que la mesa de sonido posee sendas tarjetas integradas. Cabe la posibilidad de utilizar ambos canales mencionados a través de tarjetas de sonido externas profesionales de mayor calidad instaladas en el ordenador, por ejemplo, vía PCI-Express; y conectadas a las entradas RCA de cada canal para realizar la reproducción y a la salida TAPE OUT para la grabación.

El canal 7 se configurará como línea telefónica haciendo uso del módulo híbrido telefónico incorporado, y su línea B como señal de entrada del STREAM (emisión en directo/continuidad musical). Por último, el canal 8 se configurará a través de la salida cleanfeed en modo N-1 para poder realizar conexiones con otros estudios de radio o contribuciones de eventos exteriores a través de audicodecs. La señal de programa que se envía a emisión irá a través de las salidas MASTER OUTPUT.



Figura 4.3 - Esquema propuesto conexión mesa sonido D&R Airmate USB. (Fuente: Elaboración propia)

Dado que este tipos de mesas broadcast están pensadas para hacer producción de radio o retransmisiones exteriores en directo, no disponen de subgrupos que permitan desvincular la salida MASTER OUTPUT o la TAPE OUTPUT de la mesa de sonido, para enviar, por un grupo, la emisión de directo; y por otro, realizar una grabación, por ejemplo, opciones propias de consolas de audio mucho más caras. Como solución, es muy habitual utilizar estos estudios para grabación o emisión en directo y hacer servir otro ordenador a modo

de servidor, que sea el encargado de realizar las emisiones de los audios, ya sean programas, pausas publicitarias o listas musicales. Por ello, se plantea una distribución de equipos en la cual se dispone de dos de las mismas características, de los cuales el ordenador del estudio tendrá instalado el software Audacity para realizar la grabación y edición de audios, y el ordenador de emisión tendrá instalado el software ZaraStudio y actuará de servidor de emisión. La salida de audio de la mesa de sonido y la del ordenador de emisión están conectadas a un selector de audio, que a su vez estará conectado a un distribuidor y de este al procesador para normalizar el sonido y enviarlo al centro emisor.

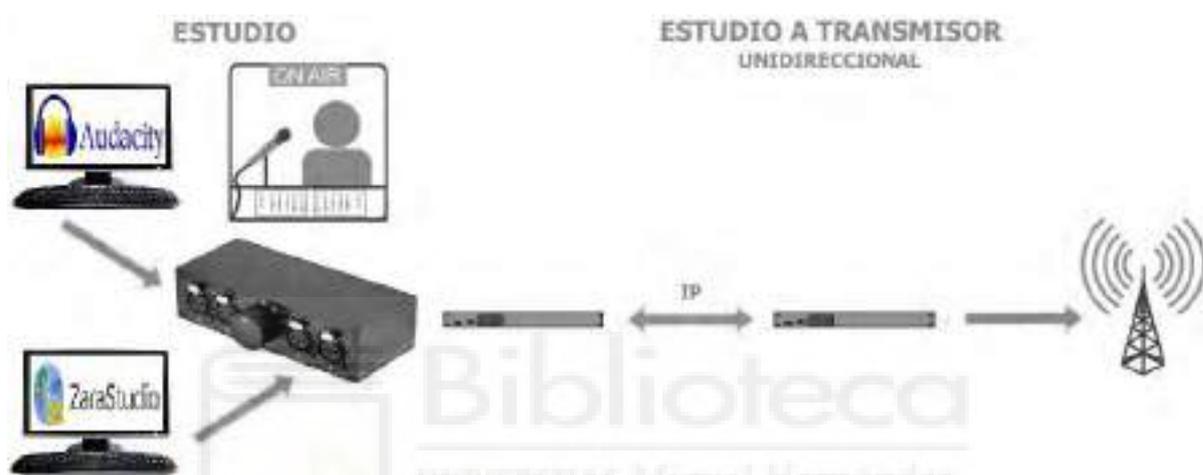


Figura 4.4 - Esquema selector audio (PC directo y PC emisión). (Fuente: Elaboración Propia)

Una alternativa para reducir equipamiento y costes, pasa por instalar una tarjeta de sonido interna, por ejemplo de tipo PCI-Express, en el equipo de grabación del estudio, y configurar el software ZaraStudio para que la señal de emisión sea enviada a la salida de audio de la tarjeta de sonido. Con esta alternativa se evita implementar un segundo ordenador, pero se ha de tener en cuenta que la fiabilidad del sistema se puede ver comprometida si el equipo del estudio de grabación no es lo suficientemente potente para poder desempeñar sendas tareas de manera simultánea. A priori, basándonos en los requisitos recomendados del software [Audacity](#) y [ZaraStudio](#), con un ordenador equipado con un procesador Intel I3 a 2 GHz, o superior, y 4 GB de memoria RAM, sería más que suficiente para acometer sendas tareas. Si además se incorpora en el equipo un disco duro de tecnología SSD, las probabilidades de evitar incidencias en la realización de la multitarea, disminuyen. Es una opción a tener en cuenta, si por ejemplo se toma como referencia una tarjeta de sonido tipo Asus Xonar SE 5.1 PCI-Express, cuyo precio en el mercado ronda los [35€](#).

Las dimensiones estimadas del estudio propuesto son de 20m², por lo que al prevalecer las construcciones de tipo rectangular, y estar la edificación realizada, estimaremos unas dimensiones aproximadas de 4 m de ancho, 5 m de largo y 2,7 m de alto, con puerta en apertura hacia el interior, dos ventanas frente a la puerta de acceso, existencia de suelo cerámico o compacto y techo y paredes enlucidas y pintadas.

Para esta estancia, en lo referente al acondicionamiento acústico y para minimizar los costes de la adecuación de la estancia a las necesidades, se instalarán paneles fonoabsorbentes en las paredes de la sala, así como moqueta anti estática en el suelo, reduciendo los efectos de reverberación y eco. Para obtener parámetros cercanos a un estudio de grabación, la recomendación es acercarse en una estancia de 20 m² a un tiempo de reverberación ideal de entre 0,2 y 0,3 segundos.

Para ello, se precisará cubrir en torno al 65% del perímetro de la sala con material absorbente, así como instalar paneles acústicos de estructura piramidal de dimensiones 595 mm x 595 mm con espesor de 20/10 mm. Para mejorar la acústica de la sala, de manera aproximada, aplicaremos el siguiente cálculo:

Metros cuadrados de paneles acústicos necesarios = (m² de la sala) x (superficie a cubrir)

Metros cuadrados de paneles acústicos necesarios = 20 m² x 65% = 20 x 0,65 = 13 m²

Si un panel acústico tiene 0,595 x 0,595 m = 0,354 m², se precisa de 13 / 0,354 = 36,72 paneles, por desperdicios de corte de material redondeamos a 38 paneles acústicos, los cuales irán pegados mediante adhesivo de montaje¹⁰⁰.

¹⁰⁰ *Espuma Acústica alveolar piramidal barata fonoabsorbente.* (s. f.). Acústica Decorativa. Recuperado 5 de julio de 2021, de <https://acusticadecorativa.com/espuma-acustica/27-espuma-acustica-alveolar-barata-8436569395929.html>



Figura 4.5 - Espuma acústica EliAcoustic Alveolar Piramidal 20/10. (Fuente: Amazon)

El mobiliario propuesto consta de una mesa de estudio fabricada en madera robusta con dos pies de madera laterales para la zona del tablero del control técnico y un pie central hueco de madera para la zona del tablero del locutorio, albergando en total a 7 personas.

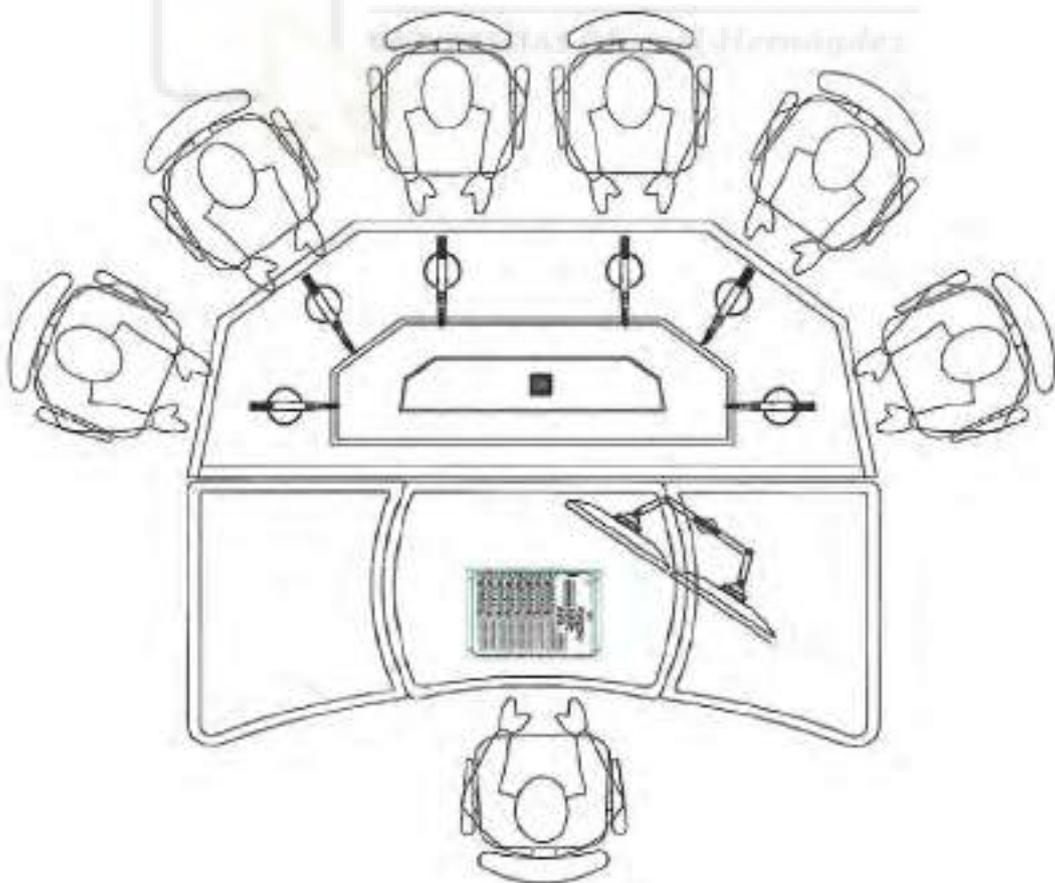


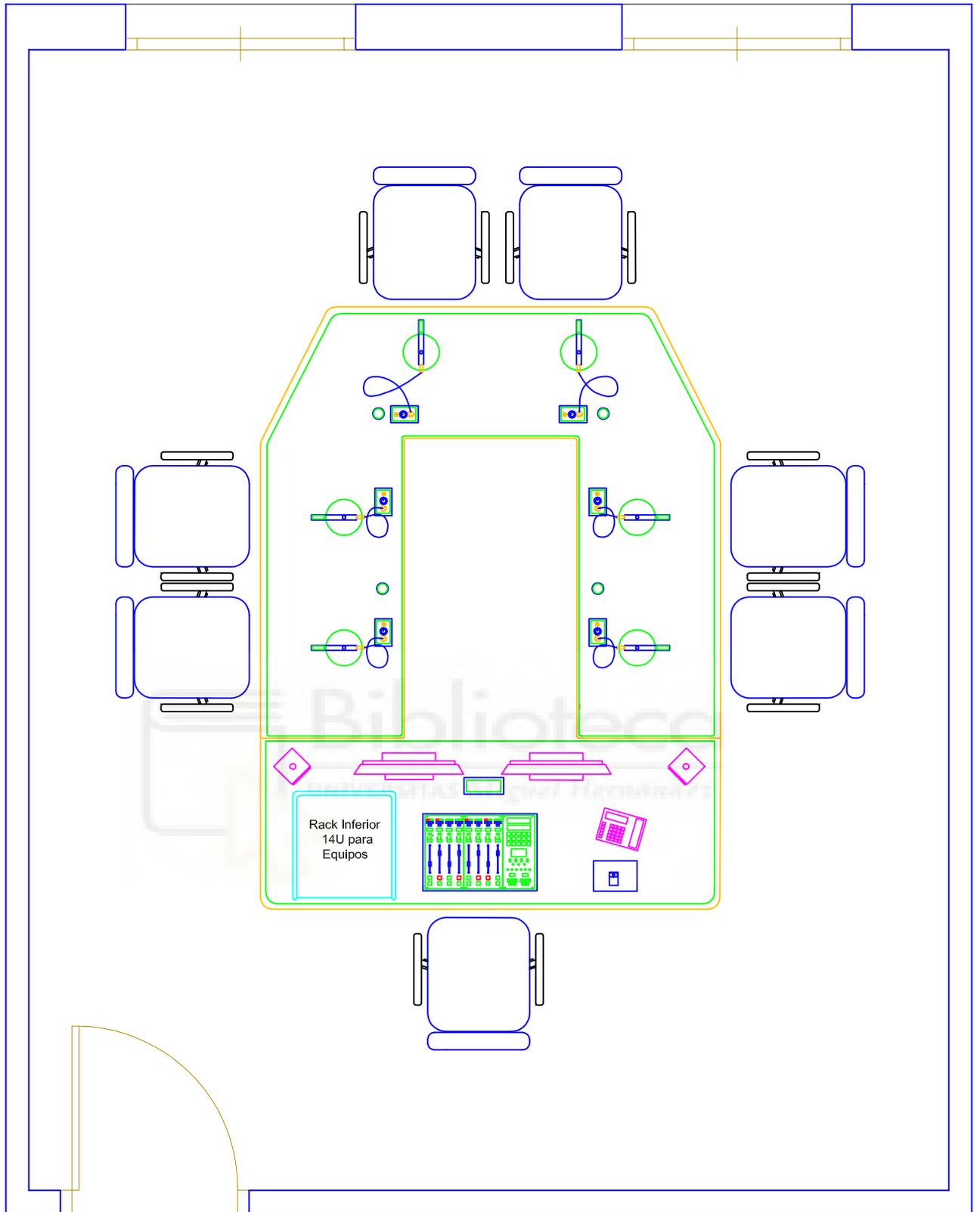
Figura 4.6 - Diseño mesa estudio autocontrol. (Fuente: Radio UMH)

Una muestra de un estudio de grabación comercial de tipo autocontrol, sería por ejemplo el estudio central de Radio Cadena SER en Aranda de Duero, Burgos.



Figura 4.7 - Estudio central Radio Aranda Cadena SER. (Fuente: [Cadena SER](#))

El plano de distribución de la estancia quedaría tal y como se muestra a continuación.



PROYECTO:		RADIO UMH - RUANDA		
PROMOTOR:		RADIO UMH		
PLANO:		ESTUDIO RADIO PROPUESTO		
SITUACIÓN:		ESSA RUHENGARI (MUSANZE)		
PLANO: 1	ESCALA: 1/25	FECHA: JUNIO 2.021	BORJA CABRERA ROCAMORA	INGENIERO TÉCNICO

En la parte de alta frecuencia, la señal de emisión será enviada al centro emisor a través de un audiocodec con conexión a Internet.



Figura 4.8 - Esquema enlace STL a través de internet. (Fuente: AEQ)

Teniendo en cuenta la distribución de los centros emisores situados a lo largo del territorio ruandés y atendiendo a la información mostrada en el Informe RURA de fecha 26 de mayo de 2020, el centro emisor más próximo y que mejor cobertura proyecta sobre la población de Ruhengeri y alrededores, es el de Musanze, situado en el monte Mugogo. En el citado informe, el centro emisor obtiene una señal radiada de entorno a -43 y -37 dBm en la zona proyectada, el estudio ha sido realizado con un transmisor de 1.000 W, una antena con una ganancia de 8 dBi situada en lo alto de una torre de transmisión de 50 m de altura, y utilizando el método de propagación de Fresnel.

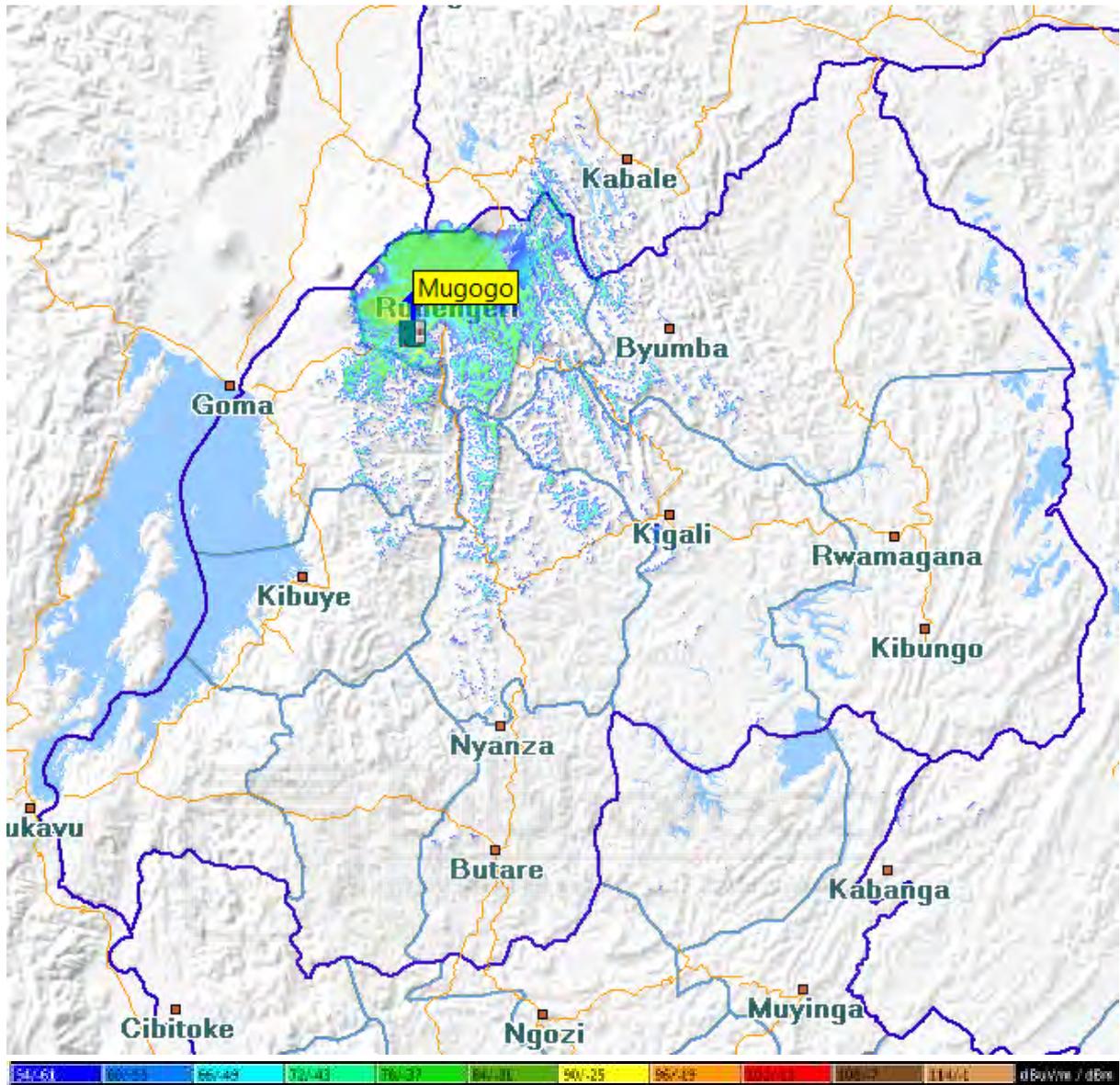


Figura 4.9 - Diagrama radiación centro emisor Monte Mugogo a 1 kW. (Fuente: [ANEXO I](#))

La distancia entre el centro emisor del Monte Mugogo y el ESSA Ruhengeri es de tan solo ~11,52 km en línea recta, lo que propicia una situación favorable para realizar una comunicación vía radioenlace en la banda libre de 5GHz entre el estudio y el centro emisor. El hecho de elegir este emplazamiento para el centro emisor se basa en que ya tiene instaladas otras emisoras de radio comerciales, como es el caso de KT Radio en la frecuencia 101.1 MHz, y Energy Radio en la 88.8 MHz, a parte de emisoras de ámbito nacional, como son Radio Rwanda y RBA CR Musanze en las frecuencias 95.1 MHz y 98.4 MHz, respectivamente.

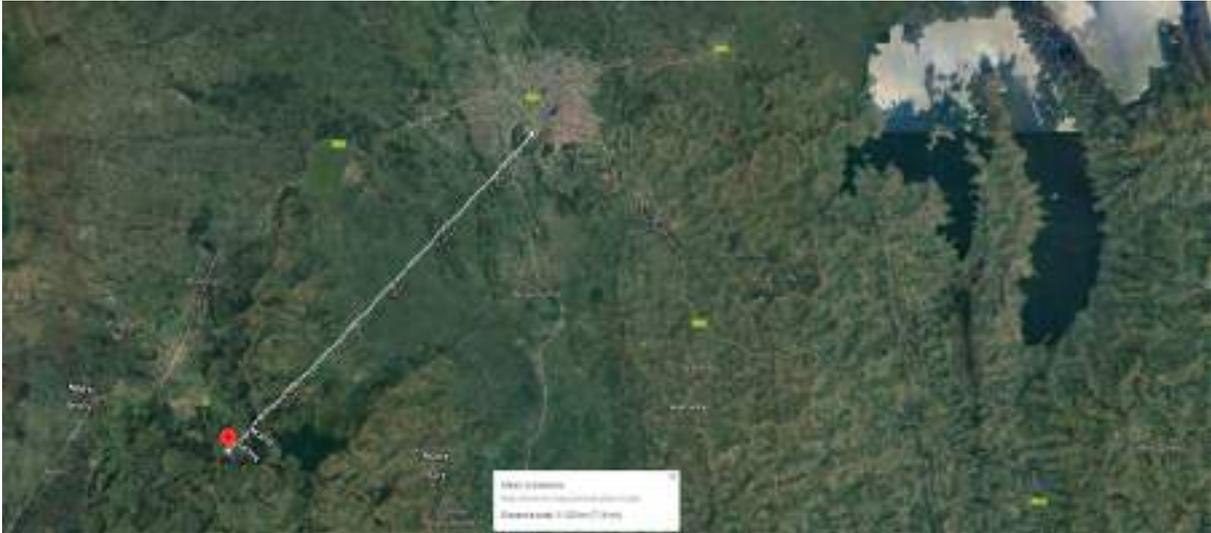


Figura 4.10 - Distancia en línea recta entre Mt. Mugogo (rojo) y ESSA Ruhengeri (blanco). (Fuente: Google Maps)

Para enviar la señal del estudio de radio al centro emisor, se proyectan tres opciones en función de las posibilidades de la infraestructura.

a) Radioenlace WiMAX 5GHz

Diseñamos un radioenlace en la banda libre de 5 GHz para transmitir los datos del audiocodec del estudio al del centro emisor. Analizando la cobertura del radioenlace con la plataforma de cálculo de cobertura de productos Ubiquiti, empresa proveedora de equipamiento disruptivo para comunicaciones inalámbricas, realizamos una simulación con las antenas “Ubiquiti PowerBeam AC Gen 2 AirMax 5 GHz”, cuyas características técnicas se detallan a continuación.

Frecuencia de la banda	5 GHz
Frecuencia operativa en todo el mundo	5150 - 5855 MHz
Modulación	16-QAM,64-QAM,256-QAM,BPSK,QPSK
Rango máximo de transferencia	450 Mbit/s
Ganancia máxima de la antena	25 dBi
Potencia de transmisión máxima	24 dBm
Consumo de potencia máximo	8,5 W
Resistencia al viento	200 km/h

Tabla 4.1 - Características principales Ubiquiti PowerBeam AC Gen 2 AirMax 5 GHz.

(Fuente: Ubiquiti)



Figura 4.11 - Simulación parámetros mínimos radioenlace entre Monte Mugogo (verde) y ESSA Ruhengeri (amarillo) para obtener el 100% de señal. (Fuente: [Ubiquiti Airlink](#))

Los dispositivos configurados con un ancho de banda de 40 MHz, resultan más que suficientes para su implementación con los audiocodecs, obteniendo una señal de -54dBm, óptima siempre y cuando esta sea mayor a -55 dBm, según datos del fabricante¹⁰¹. Este parámetro nos garantiza no tener que utilizar antenas de mayor ganancia, pero se precisa situar la antena ubicada en el Monte Mugogo a una altura superior a 34 m. Esto no es un problema dado que la torre del centro emisor, según datos de la RURA, es de 50m de altura. Por ende, para mantener la cobertura de recepción al 100%, la antena situada en ESSA Ruhengeri debe estar ubicada al menos a 18m de altura, suponiendo a priori un inconveniente. Con una altura de al menos 13m en ESSA Ruhengeri y de 28 m en Monte Mugogo, obtendremos una cobertura del 60% y una señal resultante de -67 dBm. Esta situación se podría solventar gracias a las estructuras metálicas de distribución de electricidad de alta tensión situadas en las proximidades del instituto, estructuras que generalmente poseen unas dimensiones mínimas de 15-20 m de altura, pudiendo aprovechar parte de la estructura metálica para instalar la antena del radioenlace.

¹⁰¹ *Ubiquiti airMAX - Pasos para alinear las antenas airMAX.* (s. f.). Base de Conocimiento. Recuperado 5 de julio de 2021, de <https://soporte.syscom.mx/es/articles/2612569-ubiquiti-airmax-pasos-para-alinear-las-antenas-airmax>



Figura 4.12 - Simulación parámetros mínimos radioenlace entre Monte Mugogo (verde) y ESSA Ruhengeri (amarillo) para obtener el 60% de señal. (Fuente: [Ubiquiti Airlink](#))

El diagrama de conexión y configuración entre audiocodificador y sistema radioenlace es bastante sencillo: una vez orientado el radioenlace y verificados sus parámetros, únicamente se ha de conectar cada audiocodex a la salida del dispositivo PoE, configurar la dirección IP de cada terminal, y configurar la llamada entre ambos equipos para establecer la comunicación bidireccional. Al estar sendos equipos en el exterior, es recomendable la instalación de dos protectores de sobretensiones, uno cerca de la antena, y el otro antes de la entrada del cable a la caseta de los equipos. Esta configuración destaca por su bajo consumo, relativo largo alcance y ajustado precio, puesto que el kit de antenas mencionado anteriormente o similar, oscila en torno a los 250 € en el mercado.

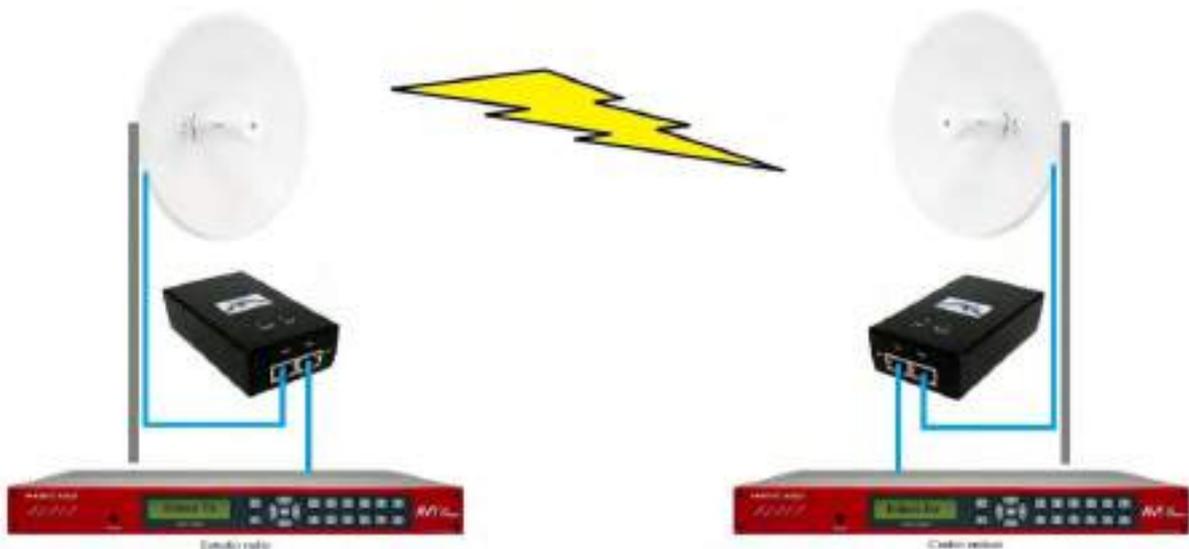


Figura 4.13 - Esquema montaje STL sobre antenas Ubiquiti y audiocodexes AVT. (Fuente: Elaboración propia)

b) Enlace IP sobre cobertura 4G

En caso de no disponer de acceso a internet en el centro emisor, se puede instalar un router 4G aunado a una tarjeta SIM de un operador local con datos 4G por aproximadamente un coste de 70 € más cuota de datos. Además estos dispositivos suelen disponer de conectores SMA para instalar antenas externas, y así mejorar la recepción de cobertura.



Figura 4.14 - Router 4G Huawei B310S-2 con antenas externas. (Fuente: [Aliexpress](#))

Para conocer la tarifa de datos mínima necesaria para poder acometer la transmisión de audio, realizamos el cálculo de transferencia de datos.

Para un bitrate de 192 kbps con una frecuencia de muestreo de 48 kHz, obtenemos:

$$[(192 \text{ kbps} / 8 \text{ bits}) \times 3600 \text{ segundos} \times 24 \text{ horas} \times 30 \text{ días}] = \underline{62.208 \text{ MB al mes}}$$

Para un bitrate de 128 kbps con una frecuencia de muestreo de 48 kHz, obtenemos:

$$[(128 \text{ kbps} / 8 \text{ bits}) \times 3600 \text{ segundos} \times 24 \text{ horas} \times 30 \text{ días}] = \underline{41.472 \text{ MB al mes}}$$

Para un bitrate de 64 kbps con una frecuencia de muestreo de 48 kHz, obtenemos:

$$[(64 \text{ kbps} / 8 \text{ bits}) \times 3600 \text{ segundos} \times 24 \text{ horas} \times 30 \text{ días}] = \underline{20.736 \text{ MB al mes}}$$

Para un bitrate de 32 kbps con una frecuencia de muestreo de 48 kHz, obtenemos:

$$[(32 \text{ kbps} / 8 \text{ bits}) \times 3600 \text{ segundos} \times 24 \text{ horas} \times 30 \text{ días}] = \underline{10.368 \text{ MB al mes}}$$

Actualmente, los audiocodex implementan codex de compresión que con un bajo bitrate obtienen buenas calidades de audio. Muestra de ello es el codex OPUS, capaz de reproducir calidades de audio similares a .MP3 con la mitad de bitrate, es decir, podemos transmitir una buena calidad de audio de entorno a 192 kbps con un bitrate de 92 kbps siendo este relativamente bajo, e incluso transmitir a calidad similar a 128 kbps con un bitrate de 64 kbps¹⁰².

Repasando algunas de las tarifas de datos que ofrecen las compañías de telefonía e internet en Ruanda, encontramos las siguientes promociones mensuales.

Operador	Tarifa	Precio (RWF)	Precio (€)
Mango 4G	10 GB	5.500	4,62
Mango 4G	15 GB	9.000	7,56
Mango 4G	20 GB	11.000	9,24
Mango 4G	30 GB	16.000	13,44
Mango 4G	50 GB	26.000	21,85
Mango 4G	100 GB	50.000	42,02
KT Rwanda Networks	10 GB	4.200	3,53
KT Rwanda Networks	30 GB	12.500	10,50
KT Rwanda Networks	50 GB	21.000	17,65
MTN	10 GB	10.000	8,40
MTN	30 GB	25.000	21,00

Tabla 4.2 - Tarifas 4G ofertadas por las operadoras de telefonía móvil e internet de Ruanda. (Fuente: [Mango 4G](#), [KTRN](#) y [MTN](#))

NOTA: 1 euro (€) = 1189,87 francos ruandeses (RWF), conversión a fecha 24 junio 2021. (Fuente: [XE](#))

De los tres operadores de telefonía móvil que ofrecen servicio 4G mencionadas en la **tabla 4.2** observamos que económicamente es más ventajosa la oferta de la compañía KT Rwanda Networks. Es probable que esto se deba a que fue dicha empresa la encargada en

¹⁰² Muraglia, M. (2018, 8 enero). *Todo lo que debes saber sobre Opus, el nuevo formato de audio de SoundCloud*. DJPROFILE.TV. <https://djprofile.tv/lo-debes-saber-opus-nuevo-formato-audio-soundcloud/>

el año 2013 de realizar el despliegue de red 4G para dar cobertura en un plazo de 3 años a los 12 millones de habitantes del país ruandés¹⁰³.

Recientemente, los audicodecs más avanzados del mercado (como los audiocodecs de la serie Quantum de la empresa Prodys) ya están implementando módulos internos que admiten la inserción de tarjetas SIM 4G, que unido a la mejora de los códecs de audio, capaces de trabajar con bitrates de 24 kbps manteniendo una buena calidad de audio, posiciona esta opción como muy interesante en el panorama de los enlaces STL en centros emisores sin conexión a internet¹⁰⁴.

c) **Enlace IP sobre internet cableado**

El caso más favorable es disponer de internet cableado tanto en el estudio de radio como en el centro emisor. Esta posibilidad es viable gracias a que, a través del programa Vision 2020, gran parte del territorio ruandés dispone de fibra óptica y conexión a internet. La visión del gobierno de ese momento, en palabras de su presidente, era “vamos a poder llevar la fibra a nuestros sitios para que podamos instalar un sistema de administración de red y podamos conectarnos en directo desde cualquier lugar, usando fibra para enviar las señales a los estudios en lugar de pasar por los satélites”¹⁰⁵.

¹⁰³ Ruanda firma un proyecto para dar internet en 4G a toda su población. (2013). www.abc.es. <https://www.abc.es/internacional/20130611/abci-ruanda-internet-201306101730.htm>

¹⁰⁴ OPUS frente a aptX. Ventajas e inconvenientes – Prodys. (2020, 25 febrero). www.prodys.net. <https://www.prodys.net/es/opus-frente-a-aptx-ventajas-e-inconvenientes/>

¹⁰⁵ Staff, R. (2011, 16 marzo). Rwanda completes \$95 mln fibre optic network. U.S. <https://www.reuters.com/article/ozabs-rwanda-telecoms-idAFJOE72F07D20110316>



Figura 4.15 - Equipo de ingenieros instalando cables de fibra óptica en Seredupi, 8 de julio de 2008. (Fuente: [Radioworld](#))

Una vez recibida la señal de programa en el audiocodec a través de internet mediante cualquiera de los tres métodos citados anteriormente, o a través de un sistema de radioenlace clásico, se conectará la salida del decodificador de audio directamente al excitador FM o al transmisor FM, en función del modelo de transmisor FM que se instale, a través de los conectores XLR que incorpora. Para los transmisores convencionales modulares, generalmente más antiguos o de potencia elevada, la etapa de excitación y

amplificación son independientes, por lo que precisan de una unidad de control para su funcionamiento. En cambio los transmisores FM más modernos o de menor potencia, tienden a ser equipos compactos, por lo que todo está unido en el mismo módulo. Además, se incluirá la señal RDS a través de uno de los conectores BNC habilitados en el transmisor para dicha señal, enviando la señal resultante a las ondas a través del sistema radiante instalado en la torre.

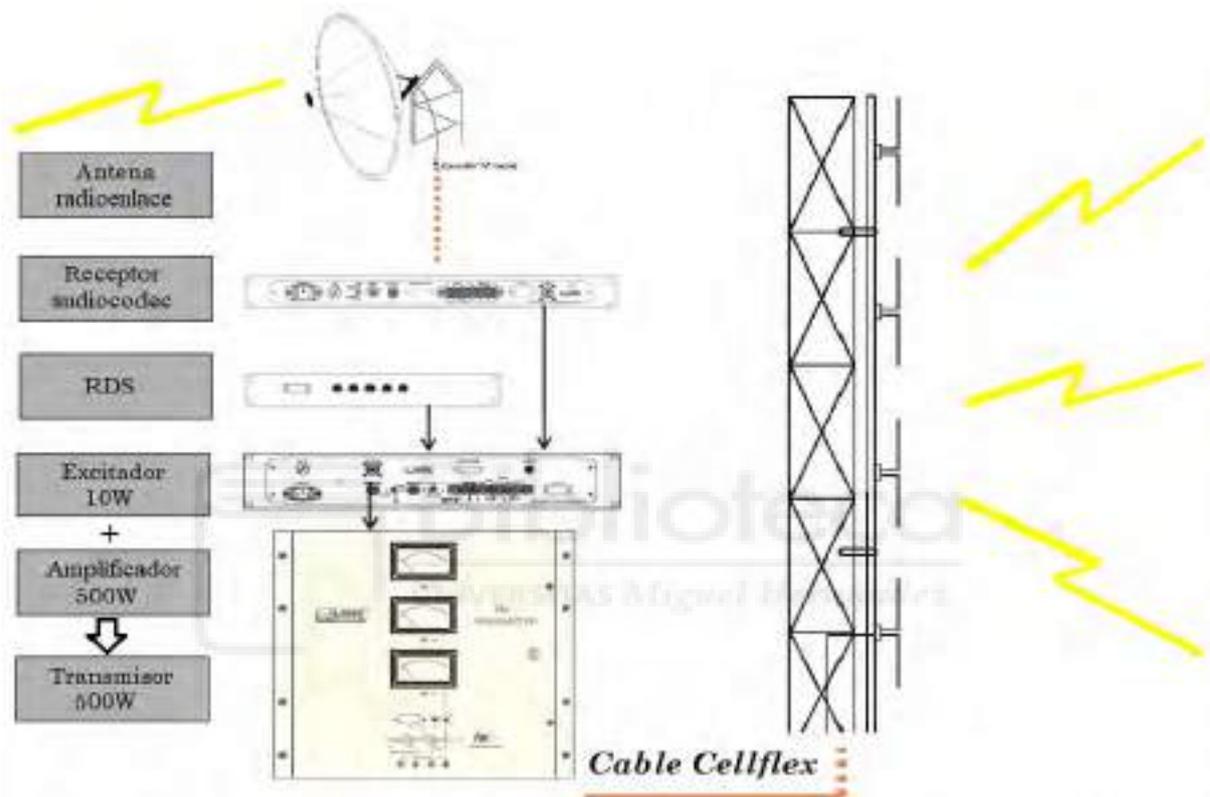


Figura 4.16 - Esquema centro emisor FM. (Fuente: Elaboración propia)

Para este proyecto se propone el transmisor FM VIMESA XPT 500 por ser un equipo compacto, muy robusto y fiable, fácil de programar y configurar, y que apenas requiere mantenimiento, puesto que ofrece una potencia estable frente a variaciones de temperatura y carga.



Figura 4.17 - Transmisor VIMESA XPT 500. (Fuente: Elaboración propia)

El codificador RDS utilizado para inyectar el nombre de la emisora, la fecha y la hora será un VIMESA modelo Discovery.



Figura 4.18 - Sistema RDS VIMESA Discovery. (Fuente: Elaboración propia)

El sistema radiante estará compuesto por un array de dos dipolos de media potencia VIMESA ASD100-IXE-D de 1,5 dBd cada uno, lo que al implementar el array nos permite obtener 4,5 dBd. Estas antenas admiten hasta 2,5 kW de potencia, lo que las hace ideales para futuras mejoras.



Figura 4.19 - Antena VIMESA ASD100-IXE-D. (Fuente: [VIMESA](http://www.vimesa.com))

Para poder transmitir la señal en fase a sendas antenas se precisa de un distribuidor FM, así como para repartir la potencia del transmisor por igual en el sistema radiante, además, es necesario que los latiguillos de interconexión tengan exactamente la misma longitud.



Figura 4.20 - Divisor de potencia FM 2 vías PDS2-43-555/6000. (Fuente: Rfsworld.com)

El cableado se realizará con cable CELLFLEX LCF 7/8" 50 Ohm por ser un cable muy robusto, de gran flexibilidad y con un funcionamiento eléctrico excepcional, así aseguraremos una mejor instalación en el concurrido centro emisor del monte Mugogo, el cual se ilustra en la **figura 3.107** del punto 3.3.1 Radio Rwanda.



Figura 4.21 - Cable CELLFLEX LCF 7/8" 50 Ohm. (Fuente: VIMESA)

Realizando una simulación del equipamiento instalado en el monte Mugogo con el simulador profesional de cobertura radioeléctrica Xirio Online, una vez introducidos los parámetros y características de los equipos mencionados anteriormente, obtenemos una recepción de cobertura en la zona del ESSA Ruhengeri de 84,22 dBu, emitiendo a una frecuencia de 100MHz, centrada en la banda de FM del espectro radioeléctrico.

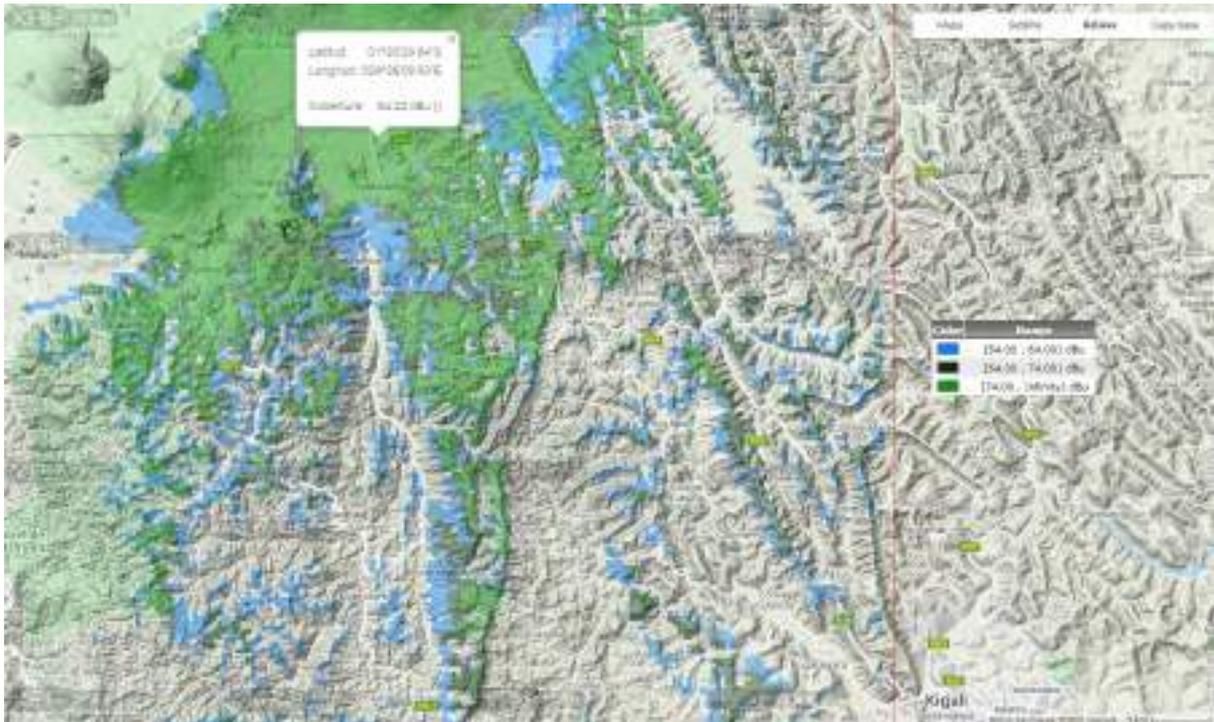


Figura 4.22 - Mapa cobertura simulación emisor FM 500W a la frecuencia de 100 MHz ubicado en monte Mugogo. (Fuente: [Xirio Online](#))

4.3 Presupuesto

A continuación se detalla el presupuesto del equipamiento de baja frecuencia para el estudio de radio.

Cantidad	Descripción	Precio
2	Ordenador sobremesa Intel I3, 4 GB RAM y HDD 500 GB o similar	600 €
2	Monitor panorámico 20"	250 €
2	Teclado y ratón con cable	30 €
1	Software edición de audio Audacity	0 €
1	Software automatización ZaraStudio	180 €
1	Mesa de sonido analógica broadcast D&R Airmate USB	1.950 €
6	Micrófonos dinámicos Sennheiser e835	488 €
6	Packs dado logotipo personalizado y esponja antiviento	300 €
6	Soportes antivibraciones tipo sobremesa K&M	142 €
7	Auriculares de estudio AKG K-240 MKII	413 €
2	Monitores de estudio de campo cercano de 3" Mackie CR3-X	118 €

2	Rótulos luminosos ON AIR D&R y sistema de alimentación	300 €
1	Distribuidor auriculares Behringer HA8000 V2	115 €
1	Selector pasivo de audio 3 entradas XLR a 1 salida XLR	35 €
1	Grabador/reproductor estado sólido Denon DN-300R MKII	233 €
6	Cables micrófono 5 metros XLR M - XLR H	100 €
2	Cables micrófono 10 metros XLR M - XLR H	50 €
2	Cables micrófono 3 metros XLR M - XLR H	30 €
1	Cable audio 6 metros RCA - RCA	19 €
1	Cable audio 3 metros RCA - RCA	15 €
1	Cable audio 3 metros Jack estéreo 3,5 mm a 2 XLR M	12 €
1	Cable datos 3 metros USB A - USB B	4 €
1	Cable telefónico 50 metros y conectores RJ11	30 €
1	Base múltiple 10 enchufes 10 metros	30 €
20	Metros cable 2 hilos 1,5 mm ²	20 €
1	SAI Lapara LCD SH 2000 VA 220V	437 €
1	Mueble rack 19" en madera	180 €
1	Mesa zona control técnico 180x100x75 cm en madera	335 €
1	Mesa zona locución 200x90x72 cm en madera	360 €
7	Sillas con ruedas y sin reposabrazos	350 €
	TOTAL:	7.126 €

Tabla 4.3 - Presupuesto equipamiento de baja frecuencia. (Fuente: Elaboración Propia)

El presupuesto referente al acondicionamiento acústico de la estancia basado en las dimensiones propuestas sería el siguiente.

Cantidad	Descripción	Precio
40	Paneles espuma acústica EliAcoustic Alveolar Piramidal 20/10	110 €
8	Unidades adhesivo de montaje EliGlue Forte 290 ml	32 €
2	Rollos moqueta acústica y antiestática (1 m x 10 m)	210 €

1	Bote cola 10 kg especial moquetas y fibras naturales + brochas	60 €
	<u>TOTAL:</u>	<u>412 €</u>

Tabla 4.4 - Presupuesto acondicionamiento acústico estancia. (Fuente: Elaboración Propia)

Finalmente se detalla el presupuesto del equipamiento de alta frecuencia para el centro emisor propuesto.

Cantidad	Descripción	Precio
1	Transmisor FM 500W VIMESA XPT 500	3.500 €
2	Antenas FM dipolo polarización vertical VIMESA ASD100-IXE-D	400 €
1	Mástil 2" acero y garras de sujeción	200 €
75	Cable coaxial Cellflex LCF 7/8" 50 Ohm	525 €
6	Conectores N para cable de espuma macho de 7/8"	60 €
1	Codificador RDS VIMESA modelo Discovery	825 €
1	Procesador de audio AEV Mirage 3 Dig Evo FM	1.440 €
1	Set audiocodificador EuroCaster Digital MPX IP (Enc + Dec)	1.738 €
1	SAI formato rack 19" Lapara 3kVA 220V	685 €
1	Armario metálico rack abierto 19"	300 €
2	Cables micrófono 3 metros XLR M - XLR H	30 €
1	Cable coaxial 2 metros 50 Ohm BNC - BNC	18 €
1	Cable red UTP 25 metros CAT.6 RJ45	15 €
4	Jornadas de trabajo de 2 técnicos de alta frecuencia	1.600 €
	<u>TOTAL:</u>	<u>11.336 €</u>

Tabla 4.5 - Presupuesto equipamiento de alta frecuencia. (Fuente: Elaboración Propia)

El presupuesto total del diseño del proyecto, resultante de la suma de los presupuestos de baja frecuencia, acondicionamiento acústico y alta frecuencia es de **18.874 €**. No se ha tenido en cuenta las horas de mano de obra del personal encargado de llevar a cabo la realización del trabajo de instalación del equipamiento de baja frecuencia, ni del acondicionamiento acústico de la estancia, dado que estas labores se enmarcarían dentro del Programa de Voluntariado de Cooperación Internacional al Desarrollo de la Universidad Miguel Hernández de Elche en Ruanda.

5. IMPLEMENTACIÓN EMISORA RADIO UMH - RUANDA

El proyecto de la puesta en marcha de una radio escolar en el instituto público y mixto ESSA Ruhengeri, ubicado en la ciudad de Musanze (Ruanda) se contempla como un medio divulgativo e informativo, que fomente la participación de los y las estudiantes de la escuela, cree espacios de debate y que forme en aptitudes comunicativas a estudiantes de secundaria.

En los meses previos a la estancia de un grupo de voluntarios en Ruanda, estos mantuvieron reuniones con personal de la Cátedra Sede UMH en Ruanda, el Vicerrectorado de Relaciones Internacionales y Radio UMH; siendo esta última a través del técnico Borja Cabrera quien se encargó de asesorar con respecto al material que había de ser comprado, el pedido y preparación del mismo y el asesoramiento para facilitar su montaje en el país adaptándose a las circunstancias de lo que resultó ser el estudio: un pequeño habitáculo próximo al comedor, sin insonorización de ningún tipo y medios técnicos y de mobiliario muy limitados.

Durante el proceso formativo de tres meses a un total de siete estudiantes elegidos por el instituto de todos los que aplicaron a recibir el curso en periodismo radiofónico, seis mujeres y un hombre de edades comprendidas entre 13 y 18 años aprendieron a manejar una mesa de sonido, edición de audio, empleo de grabadora de mano o utilizar programas como Zara Radio y Audacity, además de cuestiones comunicativas como dicción, vocalización e informativas, como criterios de noticiabilidad, géneros periodísticos, etc.

Este curso de formación continuada de tres meses se enmarca dentro de, por un lado, el programa de cooperación de la UMH en Ruanda donde el Vicerrectorado de Relaciones Internacionales colabora con la Cátedra Sede UMH, a través de una convocatoria de voluntariado en la que se pretende dar respuesta a las necesidades de las zonas de actuación de Ruanda detectadas por la Cátedra, y por otro, dentro de una tesis doctoral denominada "Educomunicación en Ruanda: la radio como medio para el desarrollo", dirigida por el profesor José Luis González y en la que está trabajando la graduada en periodismo Lis Gaibar. En esta tesis se pretende conocer el panorama mediático radiofónico ruandés por ser este el medio más consumido en el país, poniendo el foco en iniciativas de índole divulgativa, educativa o de cooperación para el desarrollo, que

generalmente resultan de dinámicas participativas (como radios comunitarias) o de doble formación.

En este segundo aspecto destacaría el ejemplo de Radio Salus, la emisora universitaria del país, que por un lado tiene un importante nivel de contenidos de índole educativa y de proximidad, al nivel de funcionar como servicio público, pero por otro lado una clara vocación de formar a los futuros profesionales que informarán sobre y desde el país. En base a las entrevistas a la Facultad de Periodismo y a la dirección de Radio Salus, así como al director del instituto ESSA Ruhengeri que confirmó la pertenencia de una radio y la existencia de iniciativas previas dentro de la escuela enfocadas a la divulgación de contenidos, se pensó la pertinencia de una pequeña emisora de circuito cerrado que sirviera como radio escolar con un triple objetivo: informar, divulgar y entretener. En este aspecto, la instalación de la radio ha sido un éxito para toda la comunidad educativa: tanto el personal docente como el de administración y servicios, los estudiantes partícipes en la iniciativa y el estudiantado del colegio en general han mostrado una respuesta muy positiva hacia la radio, en parte por lo participativo del proceso de definición del horario de emisiones, el punto de encuentro y debate que ha supuesto, el empoderamiento que permite al estudiantado y el refuerzo de conocimientos adquiridos en las clases escolares.

5.1 Ubicación Definitiva

Con la llegada de la expedición del Programa de Voluntariado de la UMH en Ruanda al ESSA Ruhengeri, se visitó la estancia que el centro había habilitado para implementar el estudio de radio. Concretamente la ubicación queda en un lateral aledaño a la zona de comedor, por lo que se ha de adecuar el horario de grabación con el de uso de la estancia. La sala es rectangular, se accede a través de una puerta con apertura interior izquierda, justo enfrente tiene cuatro ventanales con cortinas y su disposición es rectangular. El fondo de la estancia no es simétrico, puesto que presenta un bisel en uno de sus laterales. Las dimensiones de la estancia son de 2 m de ancho y 4 m de largo, por lo que teniendo en cuenta la asimetría en uno de sus laterales nos otorga una superficie útil de unos 7,8 m².

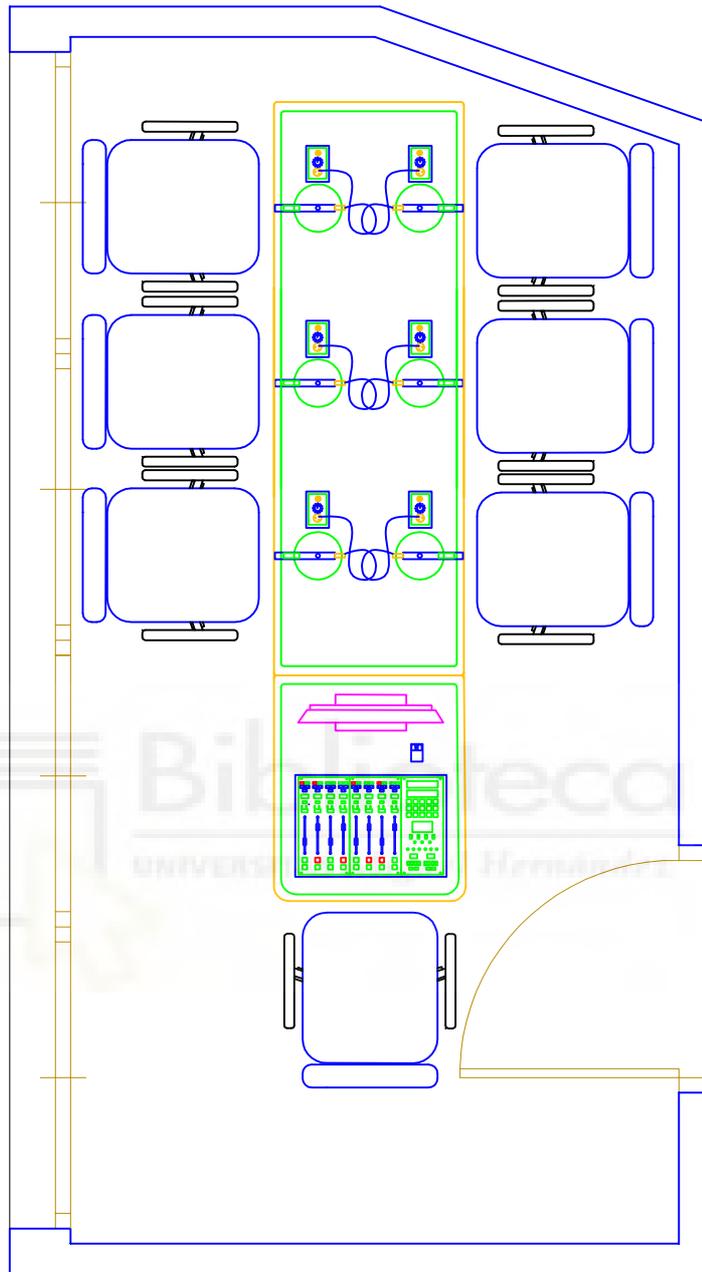


Figura 5.1 - Vista acceso estancia Radio UMH Ruanda. (Fuente: Cátedra UMH Ruanda)



Figura 5.2 - Vista fondo estancia Radio UMH Ruanda. (Fuente: Cátedra UMH Ruanda)

El plano de la estancia es el ilustrado a continuación.



PROYECTO:		RADIO UMH - RUANDA		
PROMOTOR:		RADIO UMH		
PLANO:		ESTUDIO RADIO REALIZADO		
SITUACIÓN:		ESSA RUHENGERI (MUSANZE)		
PLANO: 2	ESCALA: 1/25	FECHA: JUNIO 2.021	BORJA CABRERA ROCAMORA	INGENIERO TÉCNICO

5.2 Presupuesto Definitivo

Gracias a la financiación del Consejo Social de la Universidad Miguel Hernández, la cesión de equipamiento informático por parte del Vicerrectorado de Tecnologías de la Información, y la de material de instalación por parte de la Radio UMH, dependiente del Vicerrectorado de Estudiantes y Coordinación, se ha llevado a cabo la primera fase para la implementación de la radio educomunicativa.

Cantidad	Descripción	Precio
1	Ordenador sobremesa Dell Vostro 260	0 €
1	Monitor Dell 1707FPt	0 €
1	Teclado y ratón con cable	0 €
1	Mesa de sonido Mackie ProFX12v2	233 €
6	Micrófonos AKG Perception Live P3s	186,00 €
6	Pies de micrófonos K&M 232BK	141,60 €
6	Packs dado logotipo UMH y esponja antiviento	0 €
7	Auriculares AKG K-52	203,00 €
1	Grabadora Monacor DPR-10 USB-SD/MMC	190,00 €
1	Memoria USB Miguelito UMH 8GB	0 €
2	Distribuidor auriculares LD Systems HPA 4	74,00 €
6	Cables micrófono 5 metros XLR M - XLR H Cordial	94,20 €
2	Cables micrófono 10 metros XLR M - XLR H Cordial	41,40 €
2	Cable audio 5 metros Jack estéreo 6,3 mm M - M Cordial	0 €
1	Cable datos 3 metros USB 2.0 A - B Lindsay	3,80 €
2	Cable audio 2 metros RCA M - RCA M	0 €
1	Adaptador audio móvil y cables Jack 3,5 mm a Jack 6,3 mm	0 €
1	Base múltiple 5 enchufes 5 metros	0€
2	Grabadoras Tascam DR-05X	228,00 €
2	Tarjetas micro SD 32 GB Sandisk	14,90 €

2	Maletines Thomann MIX Case 2118A	29,80 €
2	Cables micrófono 2 metros XLR H - Jack 3,5 mm estéreo	0 €
	<u>TOTAL:</u>	<u>1.440,00 €</u>

Tabla 5.1 - Presupuesto material adquirido estudio Radio UMH Ruanda. (Fuente: Elaboración propia)

La labor de diseño, configuración y puesta a punto de equipos para su envío a Ruanda, así como la resolución de incidencias vía telemática derivadas de la instalación del equipamiento en el país, se ha llevado a cabo por el responsable técnico de Radio UMH. El montaje in situ del equipamiento ha sido realizado por la expedición de voluntarios y voluntarias del Programa de Voluntariado de Cooperación Internacional al Desarrollo de la Universidad Miguel Hernández de Elche en Ruanda.

5.3 Montaje Realizado

Con el presupuesto asignado para iniciar proyecto, se realiza un diseño de estudio radio que permita comenzar el proyecto y que a su vez este sea escalable, es por ello que se decide optar por un estudio de tipo autocontrol para grabación, contribución de piezas para medios de comunicación locales y emisión en circuito cerrado para toda la escuela a través del sistema de megafonía de la misma. Además se deja como previsión preparado el equipo para agregar una línea de telefonía móvil en caso de poder disponer de ella, o para la grabación de videollamadas a través de cualquier plataforma tipo Skype, Google Meet, Zoom, Microsoft Teams, etc, a través de otro ordenador, tablet o dispositivo móvil.



Figura 5.3 - Esquema conexionado estudio Radio UMH Ruanda. (Fuente: Elaboración propia)

Con el equipamiento adquirido, el 2 de junio de 2019 se procede a instalar el ordenador, el cual se trata de un Intel I3-2100 a 3.1 GHz con 4 GB de memoria RAM DDR3-1333 MHz y 500 GB de disco duro. Se actualiza la memoria BIOS y el sistema operativo Windows 7 Profesional 64 bits a sus últimas versiones, se procede a la instalación del software de grabación de audio Audacity, al software de edición de audio Ocenaudio y al software de emisión ZaraRadio, todos ellos gratuitos.



Figura 5.4 - Ordenador Dell Vostro 260 Radio UMH Ruanda. (Fuente: Elaboración propia)

El ordenador se hace llegar al ESSA Ruhengeri en el primer viaje de la expedición, empaquetado en una maleta como parte del equipaje.



Figura 5.5 - Ordenador empaquetado para enviar a Ruanda. (Fuente: Elaboración propia)

El equipamiento de sonido se recibe el 29 de julio de 2019, y se envía en el segundo viaje de la expedición a Ruanda en una maleta Peli 1637, para proteger todo el equipamiento en su trayecto se utiliza como material de protección las batas de laboratorio que la universidad dona para la realización de otros talleres.



Figura 5.6 - Equipamiento recibido para enviar a Ruanda. (Fuente: Elaboración propia)



Figura 5.7 - Mesa de sonido empaquetada para enviar a Ruanda. (Fuente: Elaboración propia)

Además de todo el equipamiento propio del estudio de grabación, se incluyen en el proyecto un par de **grabadoras de mano**, así como un cable para conexión a micrófono de mano y a patch panel de prensa, **tarjeta de memoria de 32 GB** de almacenamiento, pilas AA, **fuelle de alimentación externa** y **maleta de transporte**. Este equipo es necesario para poder realizar entrevistas en exterior para obtener declaraciones y cortes de voz. Para maximizar el aprovechamiento del equipamiento, si es necesario realizar entrevistas en exterior, se utilizarán un par de micrófonos del estudio de grabación para conectarlos a las grabadoras. Pese a que las grabadoras incorporan micrófonos omnidireccionales, los micrófonos de mano de tipo direccional obtienen mejor resultado de captación de audio en entrevistas.



Figura 5.8 - Grabadora Tascam DR-05X y micrófono Radio UMH Ruanda. (Fuente: Elaboración propia)



Figura 5.9 - Grabadoras Tascam DR-05X en sus estuches y soportes de micrófonos K&M. (Fuente: Elaboración propia)



Figura 5.10 - Micrófonos, auriculares y distribuidores empaquetados para enviar a Ruanda. (Fuente: Elaboración propia)

Con todo el equipo bien empaquetado, el peso total de la maleta es de 40 kg.



Figura 5.11 - Grabadora y set de cableado variado empaquetado para enviar a Ruanda.
(Fuente: Elaboración propia)

A la llegada de la segunda expedición del programa de voluntariado al ESSA Ruhengeri, se procedió a la instalación de todo el equipamiento para montar el estudio de grabación.



Figura 5.12 - Enrique Más, voluntario UMH, preparando el equipamiento en el ESSA Ruhengeri. (Fuente: Cátedra UMH Ruanda)



Figura 5.13 - Enrique Más, voluntario UMH, comprobando el equipamiento en el ESSA Ruhengeri. (Fuente: Cátedra UMH Ruanda)



Figura 5.14 - Estudio Radio UMH Ruanda en el ESSA Ruhengeri. (Fuente: Cátedra UMH Ruanda)



Figura 5.15 - Integrantes del medialab del ESSA Ruhengeri haciendo uso del estudio Radio UMH Ruanda. (Fuente: Cátedra UMH Ruanda)



Figura 5.16 - Estudiantes del ESSA Ruhengeri haciendo uso del estudio Radio UMH Ruanda. (Fuente: Cátedra UMH Ruanda)

Además, el estudio de grabación se pudo conectar a la megafonía del centro, gracias a que el equipo se encuentra situado en la estancia contigua al estudio de grabación, a apenas 5 metros de distancia. Se tendió un cable de microfonía desde la salida MAIN OUTPUT de la mesa de sonido hacia la entrada AUX del amplificador MPA-650.



Figura 5.17 - Parte frontal amplificador megafonía MPA-650 USB, ESSA Ruhengeri.
(Fuente: Cátedra UMH Ruanda)



Figura 5.18 - Parte trasera amplificador megafonía MPA-650 USB, ESSA Ruhengeri.
Fuente: (Cátedra UMH Ruanda)

El centro cuenta con numerosos altavoces distribuidos en varias zonas del instituto para cubrir prácticamente todas sus estancias, por lo que además de poder utilizarse para los avisos propios de la megafonía, como pueda ser música ambiental para los descansos, o señales horarias para el inicio y fin de las clases, la adhesión de la emisora al circuito cerrado de megafonía del centro facilita poder hacer llegar el contenido radiado a cualquier punto del mismo, pudiendo así despertar el interés de las nuevas generaciones por el medio radiofónico a través del Club Media de la escuela.



Figura 5.19 - Pareja de altavoces portátiles del ESSA Ruhengeri. (Fuente: Cátedra UMH Ruanda)



Figura 5.20 - Altavoz exterior del ESSA Ruhengeri. (Fuente: Cátedra UMH Ruanda)



Figura 5.21 - Estudiante escuchando un programa radiofónico en el exterior del ESSA Ruhengeri. (Fuente: Cátedra UMH Ruanda)

En septiembre de 2019 arrancó la programación de Radio UMH Ruanda, conocida a nivel local como ESSA UMH Ruanda¹⁰⁶. Cabe destacar que voluntarios de la UMH impartieron clases de periodismo radiofónico a un grupo de estudiantes y profesores con el fin de crear este proyecto de radio educativa. Dentro de los contenidos, se ubican las acciones de refuerzo educativo de biología y clases de educación sexual para el estudiantado de secundaria, así como clases de inglés tanto para ellos como para los profesores, esto último en pos de mejorar la capacitación del personal educativo.

Tras un gran recorrido, tuvo que paralizar su actividad debido a la situación de emergencia sanitaria por la pandemia de la COVID-19. Unos meses después pudo retomar sus emisiones, aplicando todas las medidas de contingencia gracias a la utilización del circuito cerrado para la radiodifusión, permitiendo una menor cantidad de personal en el estudio y pudiendo trabajar de forma simultánea. Por ejemplo, el estudio situado en el instituto público y mixto de la ciudad de Musanze acogió, del 19 al 26 de mayo, la semana

¹⁰⁶ Campoy, B. (2019, 10 octubre). *La UMH inaugura una radio educativa en Ruanda*. Información. <https://www.informacion.es/elche/2019/10/10/umh-inaugura-radio-educativa-ruanda-5303220.html>

conmemorativa del genocidio de Ruanda de 1994.¹⁰⁷ Con el circuito mencionado anteriormente, el alcalde de la ciudad y otras autoridades locales trasladaron sus discursos al estudiantado y al personal del instituto, que ha escuchado las intervenciones desde sus respectivas aulas. El objetivo principal del encuentro fue rendir homenaje a trabajadores como profesores o personal administrativo, así como estudiantes, que fueron víctimas de la masacre hutu.



Figura 5.22 - Autoridades ruandesas en el estudio Radio UMH Ruanda. (Fuente: Cátedra UMH Ruanda)

5.4 Propuesta de implementación FM

Tras numerosos intentos de contacto con la RURA, a cerca de obtener información sobre el sistema de solicitud de licencia administrativa para la radiodifusión de contenidos a través de la frecuencia modulada, el 7 de junio de 2021 recibimos contestación vía correo electrónico por parte de Christian Tuyishime, Senior Manager de la RURA.

En el correo electrónico nos indicaba la escasez de frecuencias FM en Ruanda, y que en caso de disponer de frecuencias FM, se realiza un proceso selectivo para el otorgamiento de licencias a través de una invitación por parte de la administración a los medios de

¹⁰⁷ E. (2021, 28 mayo). *LA RADIO ESCOLAR RUANDESA UMH ESSA ACOGE A AUTORIDADES LOCALES EN LA CONMEMORACIÓN DEL GENOCIDIO*. Relaciones Internacionales. <https://internacional.umh.es/2021/05/28/la-radio-escolar-ruandesa-umh-essa-acoge-a-autoridades-locales-en-la-conmemoracion-del-genocidio/>

comunicación mediante una convocatoria, siendo esta un proceso de tipo competitivo, aclarando los criterios de evaluación en la propia convocatoria. Es decir, Ruanda posee un sistema similar al que se realiza en España para asignar las licencias de FM a través de un concurso público de otorgamiento de licencias para radiodifusión. Además, nos compartió las regulaciones que rigen la radiodifusión en el país y nos indicó que los [requisitos](#) de solicitud se destacan en varios artículos de la regulación, los cuales pasamos a detallar:

Artículo 11: Requisitos generales.

Un solicitante de licencia de transmisión de servicios de radio FM o para la provisión de contenidos televisivos, enviará a la Autoridad Regulatoria los siguientes documentos:

1. Carta de solicitud dirigida al Director General, la carta deberá al menos indicar:
 - A. Una declaración que describa la licencia requerida y un resumen sobre la línea editorial.
 - B. La ubicación de la oficina y la dirección postal completa.
2. Completar un formulario de solicitud obtenido en la página web de la Autoridad Reguladora.
3. Copia de la tarjeta identificadora o pasaporte de la persona de contacto.
4. CV detallado del director general y del editor jefe.
5. Antecedentes penales del Director General y del Editor Jefe.
6. Perfil de la empresa y plan comercial para realizar las actividades solicitadas.
7. Breve descripción sobre la línea editorial y proyección de la programación semanal.

8. Certificado de registro de la empresa indicando los servicios previstos.
9. Comprobante del pago no reembolsable de la tasa de solicitud.
10. Diseño del estudio y su propuesta de equipamiento para proveedores de contenido.
11. Cualquier otra información que se considere necesaria por la Autoridad Reguladora para la toma de decisiones.

Para servicios de radiodifusión que requieran espectro de frecuencias (radioenlace), los solicitantes deben primero asegurar la comunicación por radio licencia.

Artículo 20: Categorías de licencia bajo este reglamento.

Bajo este reglamento, las categorías de licencia para la transmisión de servicios por radio FM o proveedores de contenidos televisivos.

1. Las licencias de servicio de radiodifusión FM se clasifican en dos (2) tipos principales:
 - A. Servicios de radiodifusión licencia para radio pública.
 - B. Servicios de radiodifusión licencia para radio privada (nacional, regional o comunitaria).

Artículo 21: Responsabilidades de la emisora de radio y del proveedor de contenido de TV.

Cualquier emisora de radio y proveedor de contenido de televisión con licencia debe tener las siguientes responsabilidades:

1. Respetar la cobertura geográfica determinada por la potencia del transmisor indicada en la licencia de comunicación por radio.

2. Asegurarse de que su equipo cumple con las normas y estándares nacionales e internacionales.
3. Facilitar al personal de la Autoridad Reguladora acceder a sus instalaciones para inspecciones.
4. Asegurar que los servicios de radiodifusión o los programas de televisión se proporcionan con respeto de lo siguiente:
 - A. Defiende el interés nacional, la seguridad nacional y moralidad pública.
 - B. Refleja la cultura nacional de Ruanda y sus valores.
 - C. Observa programas bien editados y decentes.
 - D. Evita conductas intrusivas en la vida privada.
 - E. Protege a los niños de comportamientos negativos.
5. Operar respetando las leyes vigentes, las regulaciones, y así como los términos y condiciones de la licencia.

Artículo 22: Restricciones a la radiodifusión o redifusión de programas.

El titular de la licencia no podrá transmitir ni redifundir:

- A. Cualquier material o programa del que él o ella no sea propietario o propietaria de los derechos de autor.
- B. Cualquier señal de radiodifusión recibida por él o ella con el propósito de retransmitir, a menos que lo haya hecho, antes de la transmisión o retransmitir, obtuvo un permiso escrito del propietario de los derechos de autor del material, programa o retransmisión señal, según sea el caso, para hacerlo.

Artículo 23: Validez de la radiodifusión licencias de servicios.

El período de validez de la licencia de radio FM y de servicios de radiodifusión de contenido de TV, es renovable por cinco (5) años.

Para finalizar, Christian Tuyishime nos indicó en su correo electrónico, que para obtener aclaraciones detalladas sobre la disponibilidad de frecuencias FM y sobre el proceso de asignación, podemos ponernos en contacto con su compañero Eurald Gakwandi, ingeniero de monitorización de frecuencias del espectro de la RURA, el cual tras escribirle, a fecha de presentación de este trabajo fin de máster, no hemos obtenido respuesta.

Además, se ha contactado con un par de empresas que proporcionan servicio de alojamiento y mantenimiento en los centros emisores de Rwanda para obtener información y estimación económica del servicio, pero a fecha de presentación de este proyecto, no se ha obtenido respuesta del coste estimado del servicio. Para tener una referencia, un servicio similar en España que incluya alojamiento y mantenimiento preventivo en un centro emisor para un sistema radiante de FM, y un equipo transmisor de 2 kW de potencia, ronda los 30.000€ + IVA.

6. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

6.1 Conclusiones

El proyecto de radio educomunicativa que se ha desarrollado a lo largo de este proyecto y que se quiere implementar en el centro ESSA Ruhengeri obedece al cambio de paradigma en los medios de comunicación del país, así como a las características del medio radiofónico per se.

La comunicación es fundamental para los seres humanos debido a que les permite vivir en comunidad y subsistir, pero ya no solo a un nivel físico, sino también a uno psicológico. Es decir, es crucial que las personas entablen nexos con sus semejantes para conseguir alimento, un techo en el que permanecer o acceso a servicios de todo tipo. Sin embargo, en esta investigación se busca utilizar los medios de comunicación para cerrar definitivamente las heridas del pasado, que la comunidad prospere y obtenga independencia y, además, preparar a los futuros profesionales para un nuevo enfoque de su país: más sostenible y más preparado para abrirse al mundo.

El imaginario colectivo sitúa África como un continente “desconocido y salvaje”, mal llamado “tercer mundo”. Parece que ha quedado como la cuna de la humanidad en el peor de los sentidos: el resto extrae toda la materia prima que puede dejando a sus habitantes despojados de toda posibilidad de ascenso. Además, impera un gran paternalismo desde Occidente, creyendo que la ayuda humanitaria (que por otro lado prácticamente no es ayuda, sino suplantación de identidad a base de aculturación) es lo que les hace falta a africanos y africanas cuando es menester respetar sus modos de hacer y sus tiempos.

Por eso sorprende cuando se es consciente de que, por ejemplo, los medios de comunicación africanos tienen equipamiento que se sitúa prácticamente al nivel de los occidentales, que producen sus noticias de manera rigurosa y profesional y que el tipo de contenido difundido se “asemeja” al que consumimos diariamente. El panorama comunicativo tiene un gran potencial, e inspira el hecho de utilizar las herramientas disponibles para que siga creciendo y mejorando. Por ejemplo, la emisora KISS FM optó por implementar la tecnología IP en sus nuevos estudios, utilizando ahora pantallas táctiles de gran tamaño con el software RELAY VRX, en lugar de las consolas de mezcla

convencionales. Con esto, las nuevas instalaciones de la emisora tendrán un aspecto moderno y despejado, adecuado para la radio visual. El caso de KISS FM en Ruanda es solo una de las muchas muestras del interés de los africanos por transformar sus medios de comunicación para que el acceso a la información sea mucho más democrático.

La radio como herramienta en los centros educativos obtiene muy buenos resultados, porque trasladan la teoría a la práctica. El temario sobre el dominio técnico de las mesas de sonido, micrófonos o programas de grabación y edición, además de las pautas sobre locución, vocalización y pronunciación; es imprescindible llevarlo a cabo para aprenderlo y retenerlo. Así, también permite a los alumnos explorar sus capacidades y las de sus compañeros, y relacionarse entre ellos. Recalcamos la importancia nuevamente de este aspecto en una comunidad con antecedentes tan graves de enfrentamientos y delitos de odio, en los que además la radio tuvo un papel esencial. Se trata de revertir esa situación: utilizar este medio de comunicación que está tan presente en el país (tanto en las zonas urbanas como las rurales) para contribuir al bienestar social.

Los modelos, tal y como se comenta en la investigación, son las radios educativas repartidas por diferentes puntos del globo terráqueo (centrándonos especialmente en el prototipo que siguen instituciones educativas como la Universidad Miguel Hernández de Elche) y las radios comunitarias. Estas últimas tienen una gran importancia en lugares en los que predominan las zonas rurales, como Latinoamérica o la propia África, porque constituyen una manera sencilla y asequible de hacer radio, así como la representación de los intereses de la comunidad y transmisión de conocimientos. La radio para ESSA Ruhengeri bebe de estas cuestiones.

Hemos considerado necesario abordar diversos puntos para dibujar el contexto actual de Ruanda y conocer las posibilidades del proyecto, de forma general. De forma específica, concluimos que:

- Precisamos de un conocimiento de los tipos de equipamientos existentes en la actualidad y los programas disponibles (tanto gratuitos como de pago) para saber qué podemos hacer y qué no, qué material es accesible y cuál tenemos que descartar a la hora de perfilar presupuestos y, sobre todo, qué nociones han de

recibir los alumnos para saber manejar de forma específica aquello que finalmente se acabe adquiriendo.

- Necesitamos establecer puentes comunicativos con los organismos que regulan los medios de comunicación en Ruanda para adaptar el proyecto educomunicativo a sus directrices y que no surjan problemas de carácter legal, así como saber de qué manera pueden ayudarnos.
- Es óptimo investigar acerca del panorama mediático del país y los medios radiofónicos más importantes con el objetivo de averiguar el consumo tanto informativo como ocioso que realizan los ruandeses de los medios de comunicación, qué tipo de contenidos prefieren y poder así adaptar la parrilla. Aunque lógicamente no será igual, porque no olvidamos que la radio para el ESSA Ruhengeri va enfocada a los estudiantes y a los intereses tanto del alumnado como de la propia institución educativa, inspirarnos en los medios radiofónicos convencionales añade un plus de profesionalidad y ayuda al estudiantado a prepararse para trabajar en ellos en un futuro.

6.2 Líneas futuras

Tras la ejecución de la fase inicial del proyecto concluida con la implementación del estudio de grabación, y posterior adhesión al circuito cerrado de megafonía del centro, el siguiente paso para el crecimiento de la propuesta sería realizar la tramitación de concesión administrativa para emitir en FM. Para ello, se debe consolidar la programación y la generación de contenido de la emisora, a través de acuerdos con otras emisoras de radio y otros medios de comunicación, para así asentar las bases y poder optar a una licitación, tal y como se mencionó en el punto 5.1.

En caso de poder obtener una concesión administrativa, y en pro de optimizar el gasto económico, se recurriría a instalar en la parte de alta frecuencia, el equipamiento procedente de la actualización de uno de los centros emisores de Radio UMH. Con esta donación de equipamiento, la ESSA UMH Radio podría contar con un transmisor FM modelo VIMESA XPT 500 o un VIMESA VEGA 5 configurado a 1 kW, así como un sistema RDS VIMESA modelo Discovery, a la vez que dispondría de un sistema radiante compuesto por un dipolo de alta potencia, o por un array de dos antenas directivas tipo yagi de 3 elementos. Con este equipamiento, únicamente se precisaría de un mueble rack,

cableado y los anclajes pertinentes para realizar su correcta instalación en el centro emisor de destino.

Por otro lado, en lo referente a equipamiento de baja frecuencia, el equipamiento de grabación podría verse mejorado con el reemplazo de la mesa de sonido actual por una mesa de broadcast D&R Airmate USB, o una mesa de radio analógica AEQ BC300, ambas procedentes de la próxima actualización de equipamiento de los estudios de Radio UMH.

Además, se podría utilizar parte de la siguiente asignación económica al proyecto para mejorar la sonorización de la actual estancia que la radio ocupa en el ESSA Ruhengeri, o reubicarse en otro espacio disponible más adecuado, como pueda ser uno de los laboratorios de la escuela, y dotarlo con mobiliario más adecuado y espacioso.

Para finalizar, buscando una mayor sostenibilidad energética y aprovechando el propicio clima ruandés con temperaturas medias de 21 °C durante prácticamente todo el año y oscilando entre 14 y 27 °C¹⁰⁸, se podría instalar en el exterior del centro de enseñanza un aerogenerador y unos paneles solares, aunados a un inversor de corriente y un SAI, de 1 kW cada uno, capacidad suficiente para alimentar el estudio de grabación y el circuito cerrado de radio. La sostenibilidad es un valor al alza y las energías renovables son muestra de ello, por eso en un paisaje rural rodeado de vegetación, no se precisa de la mano del hombre para destruir la flora y fauna en el camino hacia el desarrollo. Un ejemplo a seguir es la emisora de radio que se ilustra a continuación, se trata de una estación de radio perteneciente a un campo de refugiados en Indonesia que opera fuera de la red eléctrica, con suministro exclusivo de energía eólica y solar, siendo así autosuficiente.

¹⁰⁸ *El clima en Ruanda | Aventura AfricaTM – Rwanda.* (s. f.). Avenutra África. Recuperado 18 de julio de 2021, de <https://www.aventuraafrica.com/blog/ruanda/el-clima-en-ruanda>



Figura 6.1 - Emisora de radio de un campo de refugiados en Indonesia. (Fuente: Fmbroadcastantenna.com)

Además, la recepción de la radio en zonas con escasez de energía eléctrica, se puede realizar gracias a receptores que implementan pequeños paneles solares y sistemas de dinamo, a través de los cuales con un par de minutos de movimiento de manivela, se puede obtener entorno a 30 minutos de escucha. Estos equipos están disponibles en el mercado desde unos [15€](#).



Figura 6.2 - Emisora de radio solar. (Fuente: Radiofidelity.com)

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ELCHE



ANEXOS

7. ANEXOS

LISTA DE ESTACIONES FM Y TV EN RUANDA (26 DE MAYO DE 2020):
[HTTPS://RURA.RW/FILEADMIN/DOCUMENTS/ICT/STATISTICS/REPORT_OF_FM_STATIONS_OPERATING_IN_RWANDA_AND_THEIR_APPROXIMATE_COVERAGE_AS_MAY_2020.PDF](https://rura.rw/fileadmin/documents/ICT/statistics/report_of_fm_stations_operating_in_rwanda_and_their_approximate_coverage_as_may_2020.pdf) RECUPERADO EL 22 DE JULIO DE 2021

REGULACIÓN DE LOS SERVICIOS BROADCAST EN RUANDA (30 JUNIO 2017):
[HTTPS://RURA.RW/FILEADMIN/LAWS/OFFICIAL_GAZETTE_NO31_OF_31-07-2017.PDF](https://rura.rw/fileadmin/laws/official_gazette_no31_of_31-07-2017.pdf) RECUPERADO EL 22 DE JULIO DE 2021

TABLA DE FRECUENCIA DE RUANDA:
[HTTPS://WWW.RURA.RW/FILEADMIN/DOCUMENTS/DOCS/NATIONAL_FREQUENCY_ALLOCATION_TABLE_02.PDF](https://www.rura.rw/fileadmin/documents/docs/national_frequency_allocation_table_02.pdf) RECUPERADO EL 22 DE JULIO DE 2021

MANUAL SOFTWARE AUDACITY:
[HTTPS://WWW.EDU.XUNTA.GAL/CENTROS/CEIPNUMERO2TUI/SYSTEM/FILES/AUDACITY.PDF](https://www.edu.xunta.gal/centros/ceipnumero2tui/system/files/audacity.pdf) RECUPERADO EL 22 DE JULIO DE 2021

MANUAL SOFTWARE ZARARADIO:
[HTTP://WWW.ZARASTUDIO.ES/DOWNLOADS/MANUALUSUARIO_ES.PDF](http://www.zarastudio.es/downloads/manual_usuario_es.pdf) RECUPERADO EL 22 DE JULIO DE 2021

MANUAL EQUIPAMIENTO MACKIE PROFX12V2:
[HTTPS://MACKIE.COM/SITES/DEFAULT/FILES/PRODUCT%20RESOURCES/MANUALS/OWNERS_MANUALS/PROFX8V2_12V2_16V2_22V2_30V2_OM.PDF](https://mackie.com/sites/default/files/product%20resources/manuals/owners_manuals/profx8v2_12v2_16v2_22v2_30v2_om.pdf)
RECUPERADO EL 22 DE JULIO DE 2021

MANUAL EQUIPAMIENTO MONACOR DPR-10:
[HTTPS://WWW.MONACOR.DE/MEDIA/FLE/DPR10.PDF](https://www.monacor.de/media/fle/dpr10.pdf) RECUPERADO EL 22 DE JULIO DE 2021

MANUAL EQUIPAMIENTO TASCAM DR-05X:
[HTTPS://TASCAM.COM/DOWNLOADS/PRODUCTS/TASCAM/DR-05X/7L_DR-05X_OM_VC.PDF](https://tascam.com/downloads/products/tascam/dr-05x/7l_dr-05x_om_vc.pdf) RECUPERADO EL 22 DE JULIO DE 2021