



TRABAJO FIN DE GRADO CURSO 2016-2017

Equipamiento Radioelectrónico en Estaciones Costeras

TUTOR: FELIPE SAN LUIS GUTIÉRREZ

ALUMNO: ALEJANDRO SOLÍS CRUZ

**GRADO: INGENIERÍA RADIOELECTRÓNICA
NAVAL**

Título: Equipamiento Radioelectrónico en Estaciones Costeras

Alumno: Alejandro Solís Cruz

Tutor: Dr. D. Felipe San Luis Gutiérrez

EL TRIBUNAL

Presidente:

Vocal:

Secretario:

Realizado el acto de defensa y lectura del Proyecto Fin de Grado el día.... de.....
de 2017 en Santa Cruz de Tenerife, en la Escuela Politécnica Superior de Ingenieros de
la Universidad de la Laguna de Tenerife, acuerda otorgarle la CALIFICACIÓN de:

VOCAL

SECRETARIO

PRESIDENTE

Índice.

Parte I	
Introducción	7
1 Introducción	8
1.1 Abstract	8
Parte II	
Evolución de las estaciones costeras hasta la actualidad	9
2.1 Morse	10
2.2 TSH. Telegrafía sin hilos	11
2.3 Convenios internacionales	13
2.4 Inicio de las costeras en España	14
2.5 Enseñanzas radiotelegráficas	15
2.6 Ocupación de un oficial radio	17
2.7 Situación Actual	18
Parte III	
Marco regulatorio del servicio de socorro y seguridad marítimo	20
Capítulo I	
Convenio de la DGMM con Abertis Telecom	21
3.1.1 Introducción	22
3.1.2 Nueva Red de Abertis Telecom	23
3.1.3 Servicios dados por los CCR	24
Capítulo II	
Global Maritime Distress, Security and Safety (GMDSS)	25
3.2.1 Introducción	26
3.2.2 Zonas marítimas	26
3.2.3 Equipo Radioeléctrico	28
3.2.3.1 Radio de VHF	29
3.2.3.2 Responder Radar 9 GHz (SART)	31
3.2.3.3 NAVTEX	33
3.2.3.4 Radiobaliza de 406 MHz.	35
3.2.3.5 Equipo MF/HF	37
3.2.3.6 INMARSAT	38

Parte IV

Centros de Comunicaciones Radio marítimos en España	40
------------------------------------------------------------	-----------

Capítulo I

Servicio de Socorro y Seguridad de la Vida Humana en el Mar	41
4.1.1 Introducción	42
4.1.2 Entrada de Cellnex Telecom	42
4.1.3 Red de Estaciones Costeras (VHF, MF, HF)	42
4.1.4 Asociación de los CCR y los CCS	48
4.1.5 Boletines Meteorológicos (WX)	48
4.1.6 Avisos a los Navegantes (NX)	51
4.1.7 Servicio Radio médico	51

Capítulo II

Equipamiento Radioelectrónico de una costera	52
4.2.1 Introducción	53
4.2.2 Antenas	53
4.2.2.1 Antenas de VHF	54
4.2.2.2 Antenas de MF	57
4.2.3 Configuración de la Radio de VHF	58
4.2.3.1 Módulos de una estación base de VHF	62
4.2.3.2 Diagramas de bloque de una radio VHF	64
4.2.4 Configuración de una Radio de MF	71
4.2.4.1 Equipamiento de una estación MF	73
4.2.5 AIS	76
4.2.5.1 Introducción	76
4.2.5.2 Descripción del sistema	77
4.2.5.3 Tipos de Transpondedor	78
4.2.5.4 Datos transmitidos por el AIS desde un barco	79
4.2.5.5 Concepto SOTDMA	79
4.2.5.6 Duración Tramas y Slots	81
4.2.5.7 Fases del proceso	82
4.2.5.8 Organización del sistema con una carga elevada de datos	83
4.2.5.9 Modos de trabajo del AIS	84
4.2.5.10 Requisitos funcionales y aplicaciones AIS	85
4.2.5.11 Usuarios AIS	87
4.3 Glosario	88

Parte V

Conclusión y Bibliografía	91
Conclusión	92
Bibliografía	94

Figuras.

Figura1. Alfabeto Morse	10
Figura2. Sistema Morse.	10
Figura3. Marconi con un sistema radio.	11
Figura4. Reloj con período de silencio.	13
Figura5. Escuela Oficial de Telecomunicación	16
Figura6. Oficial de Radiotelegrafía	18
Figura7. Directivos Abertis	22
Figura8. Zonas de navegación	27
Figura9. Equipamiento según zona de navegación	28
Figura10. Radio de VHF.	29
Figura11. Tabla con canales y frecuencias VHF	30
Figura12. Señal de un respondedor SART.	31
Figura13. Distancia radar a casi una milla	32
Figura14. Distancia menor de una milla	32
Figura15. Transpondedor SART	33
Figura16. Equipo Navtex	33
Figura17. Receptor Navtex	34
Figura18. EPIRB 406MHz.	35
Figura19. Formulario de registro EPIRB 406 MHz.	36
Figura20. Equipo MF/HF.	38
Figura21. Cobertura Inmarsat.	39
Figura22. Tabla estaciones costeras VHF.	44
Figura23. Tabla estaciones costeras HF.	45
Figura24. Tabla estaciones costeras de MF.	46
Figura25. Mapa con todas las estaciones costeras	47
Figura26. Tabla de vinculación entre CCS y CCR	48
Figura27. Horarios de los boletines meteorológicos	49
Figura28. Tabla con los horarios de emisión de los NX	51
Figura29. Patrón de radiación de antenas	54
Figura30. Especificaciones técnicas del dipolo plegado y antena dipolo.	55
Figura31. Especificaciones técnicas y antena colineal.	56
Figura32. Antena de Onda Media.	58
Figura33. Parte frontal estación base TAIT	59
Figura34. Parte trasera estación base TAIT	59
Figura35. Parte delantera sin tapa y con conexionado.	59
Figura36. Parte trasera sin tapa.	60
Figura37. Configuración de una instalación VHF	61
Figura38. Recitador. Fuente: Manual TB8100.	62
Figura39. Amplificador Potencia.	62
Figura40. Unidad de administración de alimentación.	63
Figura41. Panel de control. Fuente: Manual TB8100	63
Figura42. Unidad de calibración y pruebas	63
Figura43. Esquema de una estación base de VHF	64

Figura44. Diagrama de bloque de la unidad de alimentación	65
Figura45. Diagrama de bloques de la tarjeta RF del recitador	67
Figura46. Diagrama de bloques de la tarjeta digital del recitador	68
Figura47. Diagrama de bloques de la tarjeta interfaz del recitador	69
Figura48. Salidas altavoz y entrada micrófono	69
Figura49. Diagrama de bloques PA	70
Figura50. Emplazamiento con llamada selectiva y trabajo	71
Figura51. Emplazamiento con frecuencia de socorro en fonía y trabajo	72
Figura52. Emplazamiento con diferentes frecuencias	72
Figura53. Transceptor Rhode and Schwartz	73
Figura54. Receptor Rhode and Schwartz	73
Figura55. Diagrama de bloques del receptor EK895	74
Figura 56. Monitor AIS clase A.	77
Figura 57. Monitor AIS costera	77
Figura 58. División de tiempos SOTDMA.	81
Figura 59. Trama dividida en slots	81
Figura 60. Fase de entrada en la red	82
Figura 61. Fase de la primera trama	82
Figura 62. Organización del sistema cuando hay carga elevada de datos	84

Parte I

Introducción

1.1 Introducción.

El presente trabajo de fin de grado, perteneciente al Grado en Radioelectrónica Naval, cursado en la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería, Sección Náutica, Máquinas y Radioelectrónica Naval de la universidad de La Laguna

Las tecnologías están en un desarrollo continuado, y en éste trabajo tratamos de abordar como afectan éstas al desarrollo y trabajo diario en un centro de comunicaciones radiomarítimas, CCR, conocido como Estación Costera.

En el trabajo se analiza la evolución que ha tenido la radio telegrafía a lo largo de la historia de las comunicaciones marítimas pasando desde la aparición de las estaciones costeras hasta la actualidad, centrándonos en el actual protocolo de seguridad marítima para salvar el mayor número de vidas posible, el conocido por las siglas GMDSS (Global Maritime Distress, Security and Safety), analizando el equipamiento necesario que tienen hoy en día los CCR, antenas, transceptores etc., hasta llegar al equipamiento para el sistema de identificación de buques conocido como AIS.

1.2 Abstract.

The present work of end of degree, belonging to the Degree in Naval Radio Electronics., studied at the Escuela Politécnica Superior de Ingeniería, Sección Náutica, Máquinas y Radioelectrónica Naval.

The technologies are continuously development. We are going to deal like the technologies affect in a Radio coastal Station.

In that project we are going to talk a few subject like de history evolution of the radio telegraphy and maritime communication. Then, we have to explain the Global Maritime Distress, Security, and Safety, GMDSS law and finally, I describe all the equipment that a CCR has, from the antennas to de transceivers and AIS system.

Parte II

Evolución y Transformación de las Estaciones Costeras

2.1 Morse.

Todo comienza con la creación del alfabeto o código Morse compuesto por puntos, rayas y espacios (figura 1) por parte de Alfred Vail y Samuel Morse cuyo apellido fue el que se le otorgó al código. Samuel, en 1873, y con la ayuda y colaboración de Joseph Henry, creó el telégrafo eléctrico que fue el primer sistema que transmitía mensajes a larga distancia mediante alambres de cobre o impulsos eléctricos.

A · -	J · - - -	S · · ·	2 · · - - -
B - · · ·	K - · -	T -	3 · · · - -
C - · · ·	L · - · ·	U · · -	4 · · · · -
D - · ·	M - -	V · · · -	5 · · · · ·
E ·	N - ·	W · - -	6 - · · · ·
F · · - ·	O - - -	X - · · -	7 - - · · ·
G - - ·	P · - - ·	Y - · - -	8 - - - · ·
H · · · ·	Q - - - -	Z - - · ·	9 - - - - ·
I · ·	R · - ·	1 · - - - -	0 - - - - -

Figura 1. Alfabeto Morse (<https://ea7fmt.wordpress.com/codigo-morse/>)

El sistema creado por Morse (figura 2) fue muy simple; consistía en un transmisor en donde se accionaba un pulsador. Si se pulsaba el circuito se cerraba y si no se pulsaba el circuito se mantenía abierto. El punto de destino de la comunicación era el receptor. Al cerrarse el circuito se activa un electroimán, éste atrae a una pieza metálica que choca con una cinta móvil de papel dejando la información impresa. El impulso eléctrico también excita al oscilador que transforma la corriente o electricidad en sonido. En la siguiente imagen podemos ver un esquema del explicado sistema.

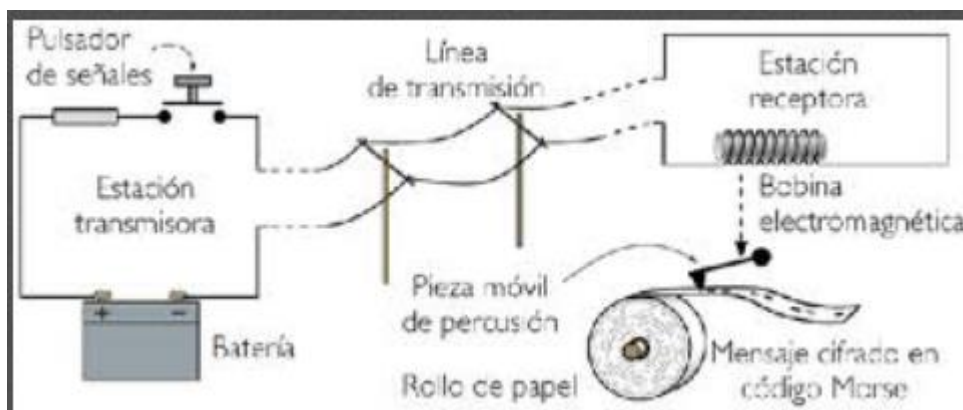


Figura 2. Sistema Morse. (<http://www.navegar-es-preciso.com/news/un-siglo-de-t-s-h-telegrafia-sin-hilos-o-radiotelegrafia-a-bordo-de-los-buques-mercantes-o-bien-oficial-radiotelegrafista-de-la-marina-mercante-una-profesion-de-vida-breve-/>)

La combinación de los dos inventos que hicieron que Estados Unidos aprobara en el año 1839 una cuantiosa subvención para construir una línea de 37 millas que unía Baltimore con Washington. Pero, aun así, la telegrafía no se fundó hasta el 1844. Como se dijo anteriormente, este sistema genera una serie de rayas, puntos y espacios. La duración del punto es la más pequeña, la de una raya es tres veces más la de un punto, los espacios tiene la duración de un punto, es decir la mínima. Entre las letras de una misma palabra la ausencia es de tres puntos y para separar una palabra de otra el tiempo aproximado es de siete puntos.

A pesar de los diferentes problemas burocráticos que tuvo Morse para que le reconocieran su invento, los países más poderosos empezaron a hacer instalaciones de enlaces. En 1851, se instaló el primer cable submarino que unió Inglaterra y Francia. En nuestro país, la primera línea telegráfica unió Madrid de Irún, en el País Vasco. Ya en el 1866, se inauguró el primer cable transatlántico enlazando Londres y Nueva York. Y finalmente, diez años más tarde, ya existían cables submarinos que unían todos los países más industrializados. Toda esta creación de líneas telegráficas originó una nueva profesión en aquél entonces; Los Telegrafistas. Esta profesión requiere mucha dedicación debido a la complejidad de descifrar el código y a lo costoso que era, había que tener una soltura para tener trabajo en este sector. Estos señores, eran capaces de interpretar los sonidos y escribirlos en un papel o viceversa, es decir manipular el telégrafo para transmitir un texto.

2.2 TSH- Telegrafía sin hilos.

A finales del siglo XIX, prácticamente se había implantado un servicio de telegramas mundial. Las noticias se propagaban con suma rapidez por todo el mundo, excepto en la mar. Por lo que había que buscar solución a eso. Es cuando aparece Marconi (figura 3), el impulsor italiano de la radio. Este señor lo que hizo fue sintetizar los trabajos de personajes como Maxwell, Hertz, Branly y Popov. El italiano utilizó el Morse como lenguaje de las señales radioeléctricas. Por lo que no se le atribuyen la invención de la radio a él. En 1899 nació la telegrafía sin hilos o TSH.

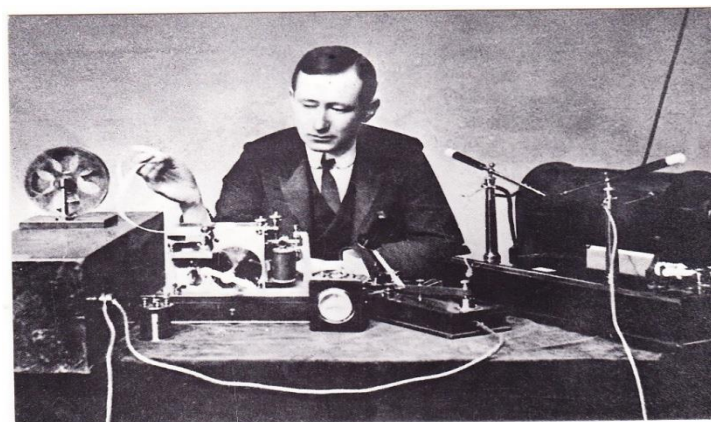


Figura 3. Marconi con un sistema radio (<http://www.unishare.it/universi/2015/05/un-genio-che-illumino-il-mondo-ni-kola-tesla/>)

El mérito que tiene Marconi es de ser el impulsor de este sistema de comunicación, ya que con éste se mejoraron diferentes aspectos marítimos como la seguridad de los buques y de los pasajeros. Antes de la invención de la radio, los buques se comunicaban de viva voz en distancias cortas, visuales para medias distancias y con señales acústicas para largas distancias.

La radiotelegrafía o CW (continuous wave) ocupa un ancho de banda muy bajo (+/- 200Hz.) y tiene una señal ruido muy alta lo que implica una mayor potencia radiada al concentrarse esta potencia en la señal portadora. Con esta ventaja se podía comunicar una estación con otra separadas por una distancia muy larga.

Marconi tuvo un éxito inmenso, lo que produjo una revolución mundial en las comunicaciones. La primera utilidad de la telegrafía sin hilos consistió en la comunicación entre barcos y entre éstos y los puertos. Debido a esta utilidad se creó la profesión de radiotelegrafista al inicio del siglo XX cuando se empezaron a instalar estaciones TSH en los barcos. Gracias a estas instalaciones empezaron a aparecer los telegrafistas de la Marina Mercante.

En ciertos países, éstos se encargaban de operar y mantener los sistemas de radiocomunicaciones pero en otros países estas tareas quedaron a cargo de empresas telegráficas. Por ejemplo, Marconi tenía su propia empresa llamada 'Marconi's Wireless Telegraph Company' la cual aseguraba el servicio a una gran parte de navíos. El primer buque que contó con una estación telegráfica a bordo fue el St. Paul en 1899.

La creación de la profesión de radiotelegrafista de la Marina Mercante se remonta al inicio del siglo XX, cuando se empezaron a instalar estaciones de T.S.H. en los buques. En algunos países se creó la carrera de oficial radiotelegrafista para operar y mantener los sistemas de radiocomunicaciones de los barcos. Sin embargo, en las marinas mercantes de otros países, la operación de las estaciones radiotelegráficas de los navíos quedó a cargo de empresas telegráficas que destacaban operadores suyos a bordo de las embarcaciones.

Los operadores de la empresa Marconi's Wireless Telegraph Company, por ejemplo, aseguraban las radiocomunicaciones a bordo de un gran número de navíos mercantes de todo el mundo. En otras naciones se habilitó a los telegrafistas "terrestres" como radiotelegrafistas navales.

2.3 Convenios Internacionales.

Ya en el siglo XX, la radiotelegrafía sirvió para mandar mensajes entre diferentes barcos y las estaciones en tierra. En el año 1902 se convocó el primer congreso entre diferentes países internacionales para aprobar las primeras leyes y los primeros reglamentos de comunicación. El segundo encuentro, que se produjo en Berlín en 1906, ahí ya existían 479 estaciones costeras y uno 2700 barcos ya tenían instalados estaciones de TSH. En esa reunión de Berlín, se impuso como señal internacional el SOS ya que en código Morse era muy fácil de enviar (...---...) pero no se adoptó mundialmente hasta el año 1912 en una conferencia celebrada en la capital de Inglaterra pocos meses después del hundimiento del Titanic.

La llegada más importante de las leyes de seguridad marítima se produjo en el 1914 con el convenio SOLAS (Security Of Life At Sea). Este convenio se aprobó debido a los grandes movimientos marítimos que se produjeron a finales del siglo XIX y principios del XX; como consecuencia de ello había muchos accidentes que se traducían en pérdidas de vidas humanas con una media de entre 700 y 800 víctimas. Todas estas reuniones se realizaron por el suceso del Titanic. Ese desastre marítimo originó una propuesta por parte del gobierno del Reino Unido para elaborar los nuevos reglamentos. A esta reunión tan importante asistieron 13 países y se adoptó oficialmente el 20 de enero de 1914. Con la aprobación de éste entraron nuevas prescripciones como; provisión de mamparos estancos, dispositivos de salvamento, de prevención y extinción d incendios, equipos de radiotelegrafía (buques más de 50 PAB). Esta conferencia también estableció un servicio de vigilancia en el Atlántico Norte y se propuso la frecuencia de 500 kilociclos como de SOS. A su vez se acordó establecer un silencio de 3 minutos entre los minutos 15 y 18 y 45 y 48 (Figura 4) de cada hora con el fin de escuchar, sin interferencias ni otras comunicaciones, un SOS.



Figura 4. Reloj con período de silencio (https://es.wikipedia.org/wiki/Frecuencia_de_radio_de_500_kilohertz)

2.4 Inicio Costeras en España.

A nivel nacional, en España, en el año 1905 tuvo el origen la radiotelegrafía. La formaban los ministerios de Gobernación, Marina y Guerra. El 26 de octubre de 1907 se autorizaba a la puesta en marcha del servicio radiotelegráfico. Se adjudicó el monopolio de este servicio al Estado explotando así todos los sistemas y aparatos de telegrafía. La creación de la primera red de estaciones radiotelegráficas se estipuló en el 1908; la formaban dos estaciones ubicadas, de 1ª, en Cádiz y en Sta. Cruz de Tenerife con un alcance de 1600 kilómetros; cinco estaciones de 2ª en Tarifa, Menorca, Cabo de Gata, Cabo Finisterre o Villano, y en Cabo de San Antonio o cabo la Nao, con un alcance mínimo eficaz de 400 kilómetros; diecisiete estaciones de tercera clase, con un alcance de 200 kilómetros.

Con el objetivo de atender las necesidades del servicio móvil marítimo, se instalaron 10 estaciones de onda media; Tenerife EAT, Las Palmas de Gran Canaria EAL, Cádiz EAC, Cabo de Palos EAP, Valencia EAV, Palma de Mallorca EAO, Barcelona EAB, Vigo EAF, La Coruña EAR y Cabo Mayor EAS. Para las comunicaciones a grandes distancias, se estableció la estación de Onda Corta (O.C.) de Aranjuez Radio EAD/EDZ.

Otra etapa importante en la historia de las estaciones costeras en España comienza en el 1927 cuando aparecen diferentes empresas nuevas buscando dar el servicio que no pudo ofrecer la Compañía Nacional de TSH por incumplimientos de contrato. Ante esta mala situación, esta empresa se integró en el sindicato 'Transradio Español', que ese mismo año obtuvo la concesión del servicio telegráfico.

En 1929 las empresas adjudicatarias para dar el servicio entre España y otros países eran: Radio Argentina S.A. (radiocomunicaciones entre España y Argentina), Compañía Intercontinental Radiotelegráfica Española (entre España y Cuba), Agencia Americana (entre España y Brasil) y Sindicato Transradio Español (entre España y Europa y entre España y el resto de los países no concedidos a las anteriores compañías).

La compañía Transradio consiguió una posición preeminente sobre el resto de las compañías de T.S.H. ya que tenía el control de las patentes extranjeras de comunicaciones radiotelegráficas de la Marconi's Wireless Telegraph Company, de la Compagnie Générale de Télégraphie sans fils y de la Gesellschaft fuer Drahtlose Telegraphie, m.b.H. Telefunken.

2.5 Enseñanzas Radiotelegráficas.

Debido a la evolución de las estaciones costeras y de la buena labor que hacen, comenzaron a impartirse enseñanzas radiotelegráficas. Todo ello se reguló mediante el Real Decreto del 24 de enero de 1908 en donde se regulan las capacidades de los radiotelegrafistas con el siguiente artículo:

‘El servicio de las estaciones costeras y de a bordo se hará por Telegrafistas provistos de un certificado expedido por la Dirección General de Correos y Telégrafos. Este certificado acreditará el valor profesional del Telegrafista respecto a los siguientes extremos:

Primero. Arreglo de los aparatos.

Segundo. Transmisión y recepción auditiva a una velocidad que no deberá ser inferior a 20 palabras por minuto.

Tercero. Conocimientos de los Reglamentos aplicables a las comunicaciones radiotelegráficas.

El certificado acreditará además que el Gobierno ha sometido al Telegrafista a la obligación del secreto en la correspondencia.’

En el siglo XIX hubo varios intentos por crear Escuelas de Telégrafos debido a la gran demanda de esa profesión pero hasta el año 1913, no se crea la Escuela General de Telegrafía en la cual se adquirirían los conocimientos necesarios para realizar todos los servicios de la telecomunicación en España. Esta Escuela tenía tres grados; elemental, medio y superior. En ella además de los títulos de auxiliar y oficial de Telégrafos se incluyen los siguientes estudios:

- Oficial Técnico de líneas, Oficial Técnico de Instalaciones y Aparatos.
- Radiotelegrafistas, Radiotelefonistas y Peritos de Radiocomunicación.
- Ingeniero de Telecomunicación.

El primer edificio estaba en Madrid y se inauguró en el año 1954, aquí se construyó la Escuela Oficial de Telecomunicación; es lo que se ve en la figura5.



Figura 5. Escuela Oficial de Telecomunicación (<http://www.navegar-es-preciso.com/news/un-siglo-de-t-s-h-telegrafia-sin-hilos-o-radiotelegrafia-a-bordo-de-los-buques-mercantes-o-bien-oficial-radiotelegrafista-de-la-marina-mercante-una-profesion-de-vida-breve-/>)

El Decreto de 17 de mayo de 1946 reguló la formación del personal del Servicio Radioeléctrico a bordo de los buques mercantes, donde se decía que “como consecuencia del impulso de las flotas mercante y de pesca y como consecuencia de sus servicios radioeléctricos, unido al hecho de ser cada día menor el número de Radiotelegrafistas con título expedido por la Escuela Oficial de Telégrafos”, se establece el título profesional del Servicio Radioeléctrico de las Marinas Mercantes y de la Pesca.

Para cumplir con la normativa SOLAS, en España, mediante ley 144/1961, el Decreto 3.654/1963 de 12 de diciembre y las Órdenes de 07-12-1964 y 25-05-1965 se reguló la formación del personal de dicho Servicio estableciendo nuevos títulos profesionales y las condiciones para alcanzarlos impartándose en las Escuelas de Náutica de Tenerife, Cádiz, Bilbao y Barcelona los correspondientes títulos de Oficial Radiotelegrafista de la Marina Mercante de primera y de segunda clase y en las Escuelas de Formación Profesional Náutico Pesquera, los de Radiotelefonista Naval y Radiotelefonista Naval Restringido.

2.6 Ocupación de un Oficial Radio.

Una vez los titulados se graduaban, ya podían trabajar en buques como oficiales de radio (Figura 6). La misión que tenían los radiotelegrafistas eran las siguientes:

- Tenían que permanecer ocho horas a la escucha permanente en la frecuencia de socorro establecida en el convenio SOLAS en 500 kilociclos por segundo. En los buques sin pasaje, el telegrafista era el oficial y el jefe de la estación, por lo tanto al acabar su turno tenía que conectar la alarma automática por si entraba algún SOS.
- Escuchar las emisiones de otras estaciones costeras de OM y OC.
- Recibir avisos a los navegantes (NX).
- Recibir boletines meteorológicos (WX), avisos de temporal (AT).
- Hallar el estado absoluto de los cronómetros.
- Si habían telegramas del capitán o la tripulación pues recibirlos o transmitirlos.
- Recibir noticias en Morse y hacer un resumen para enviárselos al resto de la tripulación.
- Responsabilizarse del correo.
- Dejar constancia de las incidencias que ha habido en un diario.
- Mantener los equipos radiotelegráficos (receptores, transmisores, acopladores, antenas...) y también los equipos de ayudas a la navegación (radar, goniómetro, Loran...)



Figura 6. Oficial de Radiotelegrafía (<http://www.ruizhealytimes.com/un-dia-como-hoy/1929-inauguracion-del-servicio-radiotelegrafico-entre-berlin-y-mexico>)

2.7 Situación Actual.

Desde el comienzo del siglo XXI hasta entonces, el servicio de seguridad y socorro marítimo ha pasado por diferentes empresas de comunicación. A finales del año 1998 la Dirección General de la Marina Mercante, regularizado por la ley 11/1998, presta dicho servicio a Telefónica España durante cuatro años. A partir de aquí empiezan a simplificarse los equipos y como consecuencia comienzan a cerrarse canales y a mejorar las instalaciones.

En el año 2002, en un acuerdo de ministros, se aprueba un presupuesto del Estado de 38 millones de euros para la autorización de la licitación del servicio de socorro y seguridad marítima. Desde ese año, el CCR de Madrid comienza a operar con la onda media y el VHF para las zonas del mediterráneo e islas Baleares.

En el 2003 el concurso lo vuelve a ganar Telefónica con lo que continua dando el servicio a nivel nacional. En este mismo año, una sentencia de la Audiencia Nacional, declara que las funciones del servicio de socorro y seguridad marítima han de ser desempeñadas por radiotelefonistas, radiotelegrafistas o radioelectrónicos. En aquel entonces, las funciones que desempeñaba el CCR Madrid iban delegándose en los diferentes CCR's del país como por ejemplo, las estaciones costeras VHF de Canarias pasaron a operarse en el CCR Tenerife.

En el año 2005 Telefónica subcontrató a la empresa Preservi, S.L. la operación de sus estaciones costeras. Pasándose a operar en el CCR Coruña las estaciones costeras de onda media y VHF de Galicia. Con el paso de los años los equipos fueron actualizándose hasta la aparición del AIS (Automatic Identification System) el cual se instaló en las 35 estaciones costeras de VHF.

En el 2008, se encomienda un nuevo contrato para la prestación de servicio de escuchas de socorro que es adjudicado a Abertis Telecom aunque siguió en su poder hasta el 2009. A partir de ese año se unifican todos los CCR's que existían en tres solamente. Antes, en el norte de España, teníamos el de A Coruña y Bilbao, quedándose solamente el de A Coruña hasta hoy en día. Para la zona del Mediterráneo, se quedó el CCR de Valencia y para la zona de Andalucía y Canarias se unificó todas las estaciones costeras en el CCR Las Palmas cerrando el CCR de Málaga y el de Tenerife.

Actualmente las costeras en España están repartidas de esa forma y el servicio lo da Cellnex Telecom, que es una subcontrata de Abertis Telecom. Ese contrato es de diez años de duración por lo tanto en el año 2017 volverá de nuevo a salir a concurso la prestación del servicio de socorro marítimo.

Parte III

Marco Regulatorio del Servicio de Socorro y Seguridad Marítimo

Capítulo I

Convenio de la Dirección General de la Marina Mercante (DGMM) con Abertis Telecom.

3.1.1 Introducción

En abril de 2009, Abertis Telecom gana el concurso con el que se le adjudica a Retevisión I, S.A., que es una filial de ésta, la prestación del ‘Servicio de comunicaciones de socorro para la seguridad de la vida humana en el mar’. Con ello se crea una nueva red de comunicación para la Dirección General de la Marina Mercante (DGMM) y Salvamento Marítimo (SM). Dicho servicio incluye las comunicaciones de seguridad y emergencia para las distintas de navegación marítima, manteniendo así la red de Estaciones Costeras y de los Centros de Comunicaciones Radio Marítimas (CCR). A continuación se muestra una imagen de los directivos de Abertis Telecom firmando y comunicando a los medios el acuerdo firmado (Figura 7).



Figura 7. Directivos Abertis (<http://www.infonavis.com/noticias/servicio-de-comunicaciones-de-socorro-maritimo-6723-nsno.aspx>)

Dicho contrato es de cuatro años de duración con posibilidad de prorrogarlos otros cuatro años más y con un importe de unos 43 millones de euros. Uno de los motivos por el cual se le adjudicó esta prestación del servicio a dicha empresa es por su gran experiencia en la gestión de sistemas de comunicación, seguridad y emergencias. Para ejecutar esta labor, la empresa elaboró e instaló una nueva red de transmisores y receptores situados en puntos estratégicos por toda la costa española, con el fin de mejorar la cobertura para las distintas zonas de navegación marítima, así como también colocaron sus CCR en sitios concretos.

3.1.2 Nueva Red de Abertis Telecom.

Como se comentó con anterioridad, la red de comunicaciones marítima se renovó por completo con las nuevas instalaciones que quedaban de la siguiente forma:

- Se crearon seis CCR situados en Tenerife, Las Palmas, Málaga, Valencia, Bilbao y A Coruña desde donde se permanecía a la escucha las 24 horas del día con doce operadores de radio por cada centro.
- Se instalaron nuevas estaciones costeras Very High Frequency (VHF), en concreto 35, las cuales cubrían la franja de unas 35 millas náuticas.
- En la banda de Medium Frequency (MF) se crearon 9 estaciones costeras con las cuales se cubren 150 millas náuticas.
- Se crea, también, una estación costera de High Frequency (HF) para un alcance superior a las 150 millas náuticas.

Con esta nueva red creada por Abertis Telecom se mejoran, y mucho una serie de aspectos con respecto a los contratos anteriores con otras empresas. Dichos aspectos están asociados a la cobertura, capacidad que tiene la red y la interoperabilidad de los sistemas.

- Hay 85 zonas con cobertura en donde antes, siempre, existía algún problema de señal.
- Cada una de las estaciones costeras de VHF, MF o HF posee transmisores y receptores de reserva con el fin de garantizar de una forma muy fiable el servicio.
- Cada uno de los CCR puede transferir sus estaciones costeras a otro gracias al nuevo diseño la plataforma interna, en el caso de avería. Con esto se asegura una continuidad del servicio.
- Aumento de los canales para las operaciones de Salvamento Marítimo.
- Introducción del AIS en todos los centros con 38 estaciones costeras con las que se obtienen grandes rangos de cobertura.

3.1.3 Servicios dados por los CCR

Los servicios que dan los diferentes centros de comunicaciones radiomarítimas repartidos por todo el litoral español son los siguientes:

- Recepción y gestión de los mensajes de Socorro (SOS), mensajes de urgencia (XXX) y mensajes de Seguridad (TTT) a través de los subsistemas del Sistema Mundial de Socorro y Seguridad Marítima (SMSSM) que son la llamada selectiva digital (DSC) y la Radiotelefonía.
- Contacto con el Radio médico, de una forma gratuita, del Instituto Social de la Marina.
- Emisión de Boletines Meteorológicos (WX) y Avisos de Temporal (AT) los cuales son proporcionados por la Agencia Estatal de Meteorología de España (AEMET). También, tienen la misión de transmitir los Avisos a los Navegantes (NX) proporcionados por Salvamento Marítimo Radio avisos.
- Comprobación de todos los equipos de radiocomunicaciones a través de las frecuencias o canales de trabajo y DSC.
- Sistema AIS que se le proporciona a todos los centros de coordinación de Salvamento Marítimo.

Capítulo II

Global Maritime Distress Security and Safety (GMDSS)

3.2.1 Introducción.

Siendo este trabajo fin de grado relativo a las funciones de las estaciones costeras, no podemos dejar de hablar de un requisito fundamental para trabajar en una estación costera, el Global Maritime Distress Safety and Security (GMDSS) cuyo nombre en español es Sistema Mundial de Socorro y Seguridad Marítimo (SMSSM). El Sistema Mundial de Socorro y Seguridad Marítimo crea una red mundial de comunicaciones para los buques que se encuentran en el mar en situación de emergencia, garantizando en todas las estaciones (costeras y a bordo), el equipamiento y el personal adecuado para mantener las comunicaciones de emergencia de manera coordinada.

En España, el Real Decreto 1185/2006 de 16 de octubre, regula las comunicaciones marítimas a bordo de los buques con bandera española y el convenio SOLAS, capítulo IV, regula las radiocomunicaciones en los buques de carga de arqueo bruto, igual o superior a 300 GT y buques pasaje de viajes internacionales.

Ahora vamos a estudiar los equipos de radio que exige la normativa dependiendo del tipo de zona de navegación del buque pero antes, veremos que las diferencias entre las distintas zonas de navegación marítima que son cuatro; A1, A2, A3, A4.

3.2.2 Zonas marítimas.

Zona A1: es la zona en la que una estación costera de ondas métricas VHF (Very High Frequency) tiene cobertura radiotelefónica completa con la Llamada Selectiva Digital o Digital Selective Call (DSC) canal 70. La extensión en millas de esta llamada depende del gobierno en cuestión. En España, la zona A1, tiene una extensión de 35 millas náuticas.

Zona A2: esta zona excluye a la zona A1, y tiene una cobertura de cómo mínimo una estación costera de ondas hectométricas, es decir Medium Frequency (MF) u Onda Media (OM), que queda delimitada por una 150 millas náuticas y con cobertura DSC en la frecuencia de socorro 2187,5 KHz.

Zona A3: aquí se excluye las dos primeras zonas. En la zona A3, una estación costera tiene cobertura de un satélite geoestacionario INMARSAT, en la que dispondrá continuamente de la llamada selectiva digital. Esta zona queda comprendida entre los 70° Norte y los 70° Sur.

Zona A4: la zona A4 excluye todas las anteriores y está comprendida entre las zonas polares; al norte de los 70° Norte y al sur de los 70° Sur.

A continuación podemos ver una imagen (Figura 8) con las distintas zonas de navegación marítima.

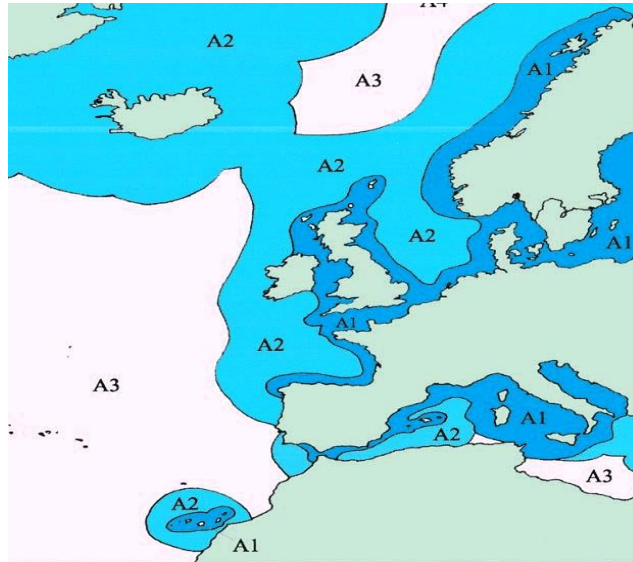


Figura 8. Zonas de navegación (http://www.surcando.com/wp-content/uploads/images/zonas%20smssm_0.jpg)

Antes de describir los equipos de seguridad que debe disponer un buque les muestro una tabla (Figura 9) en donde se puede ver el equipamiento que tiene que llevar cada buque dependiendo de la zona de navegación:

	Zona A1	Zona A2	Zona A3	Zona A4
VHS / DSC	*	*	*	*
PORTÁTIL VHF	*	*	*	*
NAVTEX	*	*	*	*
EPIRB	*	*	*	*
SART	*	*	*	*
MF / DSC		*	*	*
HF / DSC			*	*
INMARSAT			*	
RADIOTELEX				*

Figura 9. Equipamiento según zona de navegación (<http://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/Operador%20Restringido%20del%20Sistema%20Mundial%20de%20Socorro%202014.pdf>)

3.2.3 Equipo Radioeléctrico.

Todas las embarcaciones hoy en día, poseen dispositivos para comunicarse con otras embarcaciones o con estaciones terrestres ante cualquier situación de emergencia o de seguridad. Por lo tanto, es importante saber cuáles son estos dispositivos y cómo funcionan.

En este apartado se explicará el equipamiento que obliga a llevar en un buque el reglamento del sistema mundial de socorro y seguridad. Veremos de una breve forma en qué se basan cada uno de ellos sin entrar en detalles de su manipulación. Desde la radio VHF hasta el INMARSAT, pasando por el respondedor radar 9GHz. (SART), NAVTEX, radiobaliza 406 MHz., y equipo de MF/HF.

3.2.3.1 Radio de VHF.

Los dispositivos radiotelefónicos de VHF (Figura 10) trabajan en frecuencias entre los 30 y 300 MHz. Usándose comúnmente para comunicaciones de corta distancia debido a que la VHF, es un tipo de onda que no se refleja por la ionosfera sino que se usa en trayectoria visual directa y tienen un alcance entre 40 y 60 millas náuticas.



Figura 10. Radio de VHF (http://www.radiohauspro.com.br/produtos/imagens/46_3.jpg)

En este equipo, con tan solo seleccionar un canal ya está disponible para la comunicación. Las frecuencias de los canales ya vienen pre sintonizadas, por medio del uso de diferentes cristales de cuarzo podemos seleccionar la frecuencia deseada correspondiente a cada canal.

En la Figura 11 se observa tabla en donde se ve la frecuencia que tiene cada canal.

Este tipo de equipo de radio se compone por un transceptor, es decir que es un equipo compacto llevando transmisor/receptor. Emplean una modulación en frecuencia de la señal portadora en la banda de VHF. Estas radios transmiten con una potencia entre 1 y 25 Vatios.

Los VHF modernos pueden incluir funciones como doble o triple escucha o incluso guardar identificaciones de otras estaciones. Además, todos los transceptores incluyen el sistema de DSC, capaz de enviar y/o recibir información en formato texto por el canal 70,

Tabla de frecuencias de canales VHF marinos

CANAL	FRECUENCIA		CANAL	FRECUENCIA	
	Transmision	Recepcion		Transmision	Recepcion
01	156.050	160.650	61A	156.075	156.075
01A	156.050	156.050	62	156.125	160.725
02	156.100	160.700	62A	156.125	156.125
02A	156.100	156.100	63	156.175	160.775
03	156.150	156.750	63A	156.175	156.175
03A	156.150	156.150	64	156.225	160.825
04	156.200	160.800	64A	156.225	156.225
04A	156.200	156.200	65	156.275	160.875
05	156.250	160.850	65A	156.275	156.275
05A	156.250	156.250	66	156.325	160.925
06	156.300	156.300	66A	156.325	156.325
07	156.350	160.950	67	156.375	156.375
07A	156.350	156.350	68	156.425	156.425
08	156.400	156.400	69	156.475	156.475
09	156.450	156.450	70	156.525	156.525
10	156.500	156.500	71	156.575	156.575
11	156.550	156.550	72	156.625	156.625
12	156.600	156.600	73	156.675	156.675
13	156.650	156.650	74	156.725	156.725
14	156.700	156.700	77	156.875	156.875
15	156.750	156.750	78	156.925	161.525
16	156.800	156.800	78A	156.925	156.925
17	156.850	156.850	79	156.975	161.575
18	156.900	161.500	79A	156.975	156.975
18A	156.900	156.900	80	157.025	161.625
19	156.950	161.550	80A	157.025	157.025
19A	156.950	156.950	81	157.075	161.675
20	157.000	161.600	81A	157.075	157.075
20A	157.000	157.000	82	157.175	161.725
21	157.050	161.650	82A	157.125	157.125
21A	157.050	157.050	83	157.175	161.775
22	157.100	161.700	83A	157.175	157.175
22A	157.100	157.100	84	157.225	161.225
23	157.150	161.750	84A	157.225	157.225
23A	157.150	157.150	85	157.275	161.875
24	157.200	161.800	85A	157.275	157.275
25	157.250	161.850	86	157.325	161.925
26	157.300	161.900	86A	157.325	157.325
27	157.350	161.950	87	157.375	161.975
28	157.400	162.000	87A	157.375	157.375
60	156.025	160.625	88	157.425	162.025
60A	156.025	156.025	88A	157.425	157.425
61	156.075	156.675			

Canales seguidos de la letra A son Americanos, sin letra Internacionales, Emergencia Canal 16

Figura 11. Tabla con canales y frecuencias VHF (<http://1.bp.blogspot.com/-qoJKsg8RUxs/VU89iLcehKI/AAAAAAAAAEcU/45t49KPI6eI/s1600/frecuencias+marinas.png>)

3.2.3.2 Responder Radar 9GHz. (SART).

Un responder, o transpondedor de radar es un dispositivo capaz de ser detectado por los radares banda X, ya sean marinos, aéreos o terrestres, emitiendo una señal característica que indica la posición de éste en la pantalla del radar, mediante una línea de 12 impulsos, cuya extensión es de 8 millas marinas a partir de la situación del responder a lo largo de su línea de marcación.

Esta señal única en el radar es fácilmente reconocible y permite al buque de salvamento aproximarse y realizar la operación de rescate de los supervivientes.

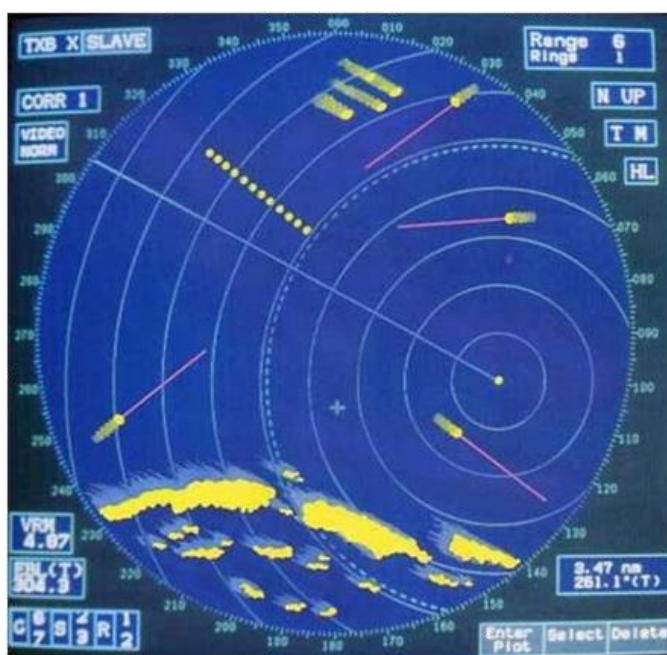


Figura 12. Señal de un responder SART. (www.sevenstarelectronics.com.)

Como podemos ver en la Figura 12, los doce puntos que se pueden observar corresponden a la embarcación que ha emitido la señal. Cuando tenemos puntos seguidos significa que aún está a más de una milla náutica de distancia.

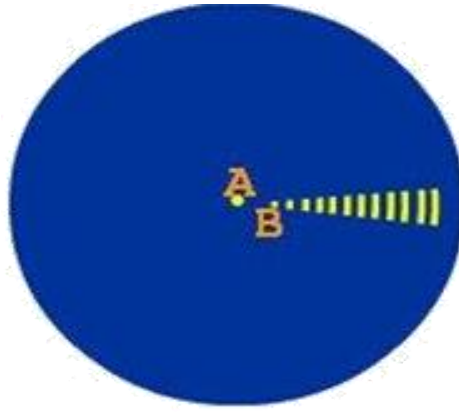


Figura 13. Distancia radar a casi una milla. (www.azimutmarine.es).

Ahora, en la Figura 13 no se ven puntos si no arcos, estos corresponden a una distancia de casi una milla entre emisor y receptor. Y cuando ya la distancia es inferior a una milla aparecen círculos concéntricos como se ve en la Figura 14.



Figura 14. Distancia menor de una milla. (www.azimutmarine.es).

Una vez sabemos cómo se manifiesta la señal que emite, vamos a ver las características del respondedor SART (Figura 15).

Se compone básicamente de tres elementos básicos. Por una parte la carcasa, de color amarillo o naranja, que tendrá que resistir una serie de pruebas que garantizan su funcionamiento en condiciones adversas y donde se indicaran las instrucciones de uso.

La siguiente parte destacable del transpondedor es la barra extensible, puede estar anexa a la carcasa que se tenga que montar para su uso, o puede estar integrada en el interior de la carcasa siendo así más fácil su uso. Esta sirve para levantar el SART para un buen funcionamiento ya que como mínimo debe estar a 1 metro del agua.

Finalmente el último elemento principal es la batería. Esta es una pila irreversible y tiene que garantizar el correcto y continuo funcionamiento durante 96h en modo de espera, y emitiendo la señal correspondiente durante 8 horas.



Figura 15. Transpondedor SART. (<http://www.nautical.es/wp-content/uploads/2014/01/Sart-II.jpg>)

3.2.3.3 NAVTEX

El servicio internacional ISM o MSI (Maritime Safety Information) tiene la función de difundir los avisos de seguridad marítima a todos los buques. Esa distribución de los mensajes se hace a través del sistema Navtex, cuya palabra proviene de la expresión inglesa NAVigational TELeX (Figura 16).



Figura 16. Equipo Navtex (<http://www.gmdss.com.au/images/navtex/nav5.jpg>).

Este equipo funciona a través de un sistema internacional automatizado de transmisión en onda media y en onda corta. La frecuencia de onda media es de 518 KHz. para la presentación de mensajes en lengua inglesa. Para la onda corta se usa la frecuencia de 490 KHz. dejando la frecuencia de 4290.5 KHz. para los mensajes que se quieran dar en otra lengua. Se difunde información gratuita y obtenida por los siguientes servicios oficiales:

- 1- Oficinas hidrográficas nacionales.
- 2- Oficinas meteorológicas nacionales.
- 3- Centros de coordinación de salvamento (CCS).
- 4- Servicio internacional de vigilancia de hielos.

Los mensajes de difunde y distribuye a todos los buques que dispongan de este equipo son:

- 1- Radio avisos náuticos.
- 2- Partes Meteorológicos.
- 3- Información urgente relativa a aguas costeras hasta 400 millas.

Los buques provistos de un receptor (Figura 17) especializado pueden recibir la transmisión por presentación visual (pantalla) o por impresión directa.

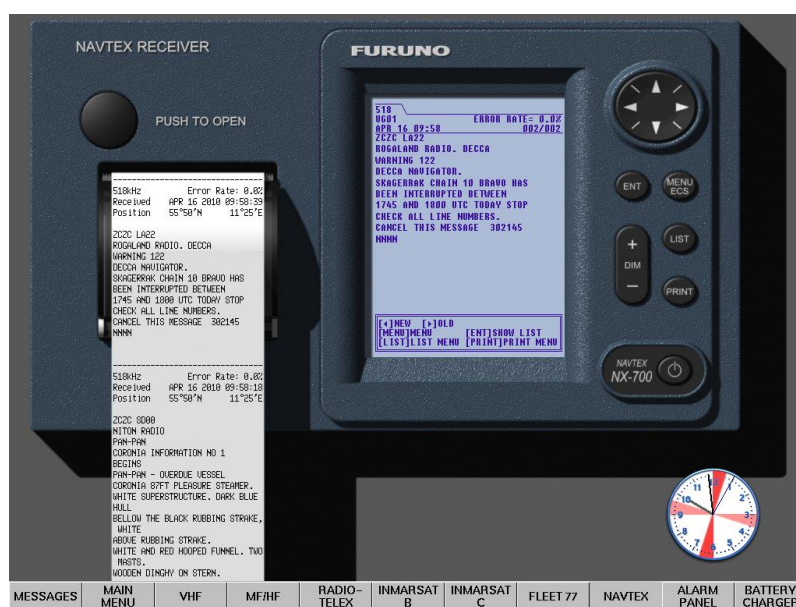


Figura 17. Receptor Navtex (<http://www.ntutc.com/pict/navtex.png>)

Para optimizar la información recibida, los mensajes responden a unos códigos que agrupan la máxima información en el menor tiempo y espacio posibles. Asimismo, un código es más fácil de interpretar al ser independientes del idioma, lo que hace más accesible a una parte importante del mensaje (tipo de mensaje, estación emisora, número de mensaje...).

El propósito de NAVTEX es ofrecer un sistema sencillo y automático para recibir información sobre seguridad marítima a los buques que naveguen en alta mar o en aguas costeras.

El receptor que vemos en la Figura 16 es el que se encarga de recibir, procesar y presentar al marino la información que se ha distribuido desde los proveedores que anteriormente vimos. Se puede imprimir o bien mostrar en una pantalla, dependiendo del modelo de equipo. En la actualidad, los receptores suelen presentar la información en pantalla y luego guardarla en una memoria interna.

3.2.3.4 Radiobaliza 406 MHz.

La radiobaliza 406 MHz. (Figura 18) se debe tener obligatoriamente en los buques desde 2009 ya que es el principal transmisor de emergencia marino del sistema COSPAS-SARSAT. Se trata de un sistema de emergencia que se debe activar cuando una persona o buque se encuentre ante un peligro inminente para que así se active todo el protocolo de emergencia.



Figura 18. EPIRB 406MHz. (<http://www.lsg.net.au/wp-content/uploads/wp-checkout/images/smartfind-e5-406-mhz-epirb-e5-auto-1329629246.png>)

Esta radiobaliza sustituyó a la de 121,5 MHz. Con la actual, la de 409 MHz. tenemos una mayor precisión a la hora de mandar la posición por activación de la radiobaliza. El máximo error es de 100 metros ya que la posición es GPS cuando antes eres por efecto Doppler con un error de 5 kilómetros.

Cuando se disponga de una radiobaliza de este tipo se ha de dar parte a la autoridad portuaria para registrarla. Los datos para ese registro se pueden ver en el siguiente formulario de la Figura 19.

ANEXO III

Hoja de Registro de radiobalizas por satélite

Marca:	Modelo:
Nº de Serie:	Núm Aprob/Registro D.G.M.M.:

NOMBRE DEL BUQUE :	
Bandera:	Tonelaje/Eslora:
Tipo de buque: Carga [<input type="checkbox"/>] Pasaje [<input type="checkbox"/>] Pesquero [<input type="checkbox"/>] Recreo [<input type="checkbox"/>] Otro [<input type="checkbox"/>]	
Distintivo Buque:	MMSI :
Naviero/Armador: Nombre:	
Dirección:	
Teléfono permanente de Contacto:	

Identificación EPIRB:	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
Tipo de Homing:	
Fecha Cambio de Batería:	
Fecha Cambio del Liberador:	

Es obligatorio consignar todos los datos

Declaro que los datos registrados son ciertos y que la Radiobaliza ha sido programada de acuerdo con lo exigido por la Dirección General de la Marina Mercante.

Por la Empresa
Lugar y fecha:

D./Dña.
Firma/Sello

Figura 19. Formulario de registro EPIRB 406 MHz. ((<http://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/Operador%20Restringido%20del%20Sistema%20Mundial%20de%20Socorro%202014.pdf>))

Otra información destacable es que ahora las señales transmitidas son digitales con lo cual se puede incluir información como la dada en el registro y también se reduce el consumo de batería haciendo que cuando ésta transmita la señal de emergencia lo haga con un período de tiempo más prolongado llegando a mandar una señal de emergencia cada 50 segundos.

Como característica de este tipo de radiobaliza podemos nombrar las siguientes:

- 1- Operan en la banda UHF en 409 MHz.
- 2- Envían paquetes digitales en pulsos de 5 vatios.
- 3- Activadas, transmiten cada 50 segundos.
- 4- Tienen 48 horas de autonomía.
- 5- Se puede activar manual o automáticamente (Zafa Hidrostática).
- 6- Posicionamiento GPS.
- 7- Luz blanca detectable de noche.

3.2.3.5 Equipo de MF/HF.

Este equipo (Figura 20), MF (Medium Frequency)/HF (High Frequency), también se suele denominar radio SSB ya que tiene un sistema de transmisión-recepción es decir, un transceptor en banda lateral única. La radio permite al operador a transmitir o recibir información mediante fonía. Este equipo se está quedando en desuso a lo largo de los años.

En la banda de trabajo de este equipo se produce una propagación por onda ionosférica y tiene una gran desventaja frente a otros equipos de radio, y es que con este dispositivo no puedes dirigirte a alguien en particular sino que transmites para todas las estaciones, por esta razón, integran controladores de DSC que lo que hacen es, a través de un módem se envía una ráfaga de códigos digitales sobre las frecuencias de DSC en la banda MF/HF y automáticamente llamará a otra estación. Todo ello es factible ya que cada controlador o módem lleva asignado un MMSI que actúa como un número telefónico.

Ahora que conocemos para qué sirve este equipo vamos a ver sus diferentes partes:

- 1- Un receptor con auricular o altavoz.
- 2- Un transmisor con micrófono. Viene combinado con el receptor en un mismo teléfono.
- 3- Un controlador de onda media (MF) u onda corta (HF).
- 4- Sistema radio télex, opcional.
- 5- Una antena que permita el funcionamiento dúplex y simplex.
- 6- Fuente de alimentación de 12 o 24 Voltios.



Figura 20. Equipo MF/HF (http://st-img1.airadio.com/userfiles/productsPhotos/m710v2_02251344.jpg)

3.2.3.6 INMARSAT

INMARSAT lo forman un conjunto de satélites que se crearon para mejorar las comunicaciones en el ámbito marino pero que al final debido al gran éxito que tuvo en sus inicios se ha ampliado a los sectores aéreos y terrestres. Cuenta con satélites de tipo Geoestacionarios, en total 11, que vuelan a uno 35 mil kilómetros por encima de la Tierra por lo que su cobertura puede englobar todo el planeta tierra excepto la zonas polares.

A nivel marítimo, que es nuestra incumbencia, este sistema mejora las comunicaciones de socorro o las referentes a la seguridad marítima de la vida humana, mejorando también el rendimiento en los servicios de correspondencia marítima. El sistema se divide en tres segmentos; el segmento espacial, el segmento terrestre y el segmento móvil.

Segmento espacial: lo forman cuatro satélites geoestacionarios teniendo cuatro más por si alguno de estos fallan. Cada uno de éstos cubre una zona determinada de la Tierra en la cual existe una antena INMARSAT que recibe y transmite a través del satélite

correspondiente. Las áreas cubiertas por el conjunto de satélites son llamadas regiones oceánicas;

- 1- AOR-E (Atlantic Ocean Region East). Esta zona cubre la zona Este del Atlántico.
- 2- AOR-W (Atlantic Ocean Region West). Esta zona cubre la zona Oeste del Atlántico.
- 3- POR (Pacific Ocean Region). Zona del Pacífico.
- 4- IOR (Indian Ocean Region). Cubre la zona del Índico.

Segmento terrestre: este segmento lo forman las Estaciones de Control cuya misión es asignar un canal de comunicación a las estaciones INMARSAT, en tierra o en el mar. Otra función de éstas es controlar la señal transmitida por cada una de las estaciones y canalizarla a través de las redes de teléfono, fax, etc.

Segmento móvil: lo constituyen equipos capaces de mantener las comunicaciones con el sistema INMARSAT, es decir son los equipos a bordo de los buques.

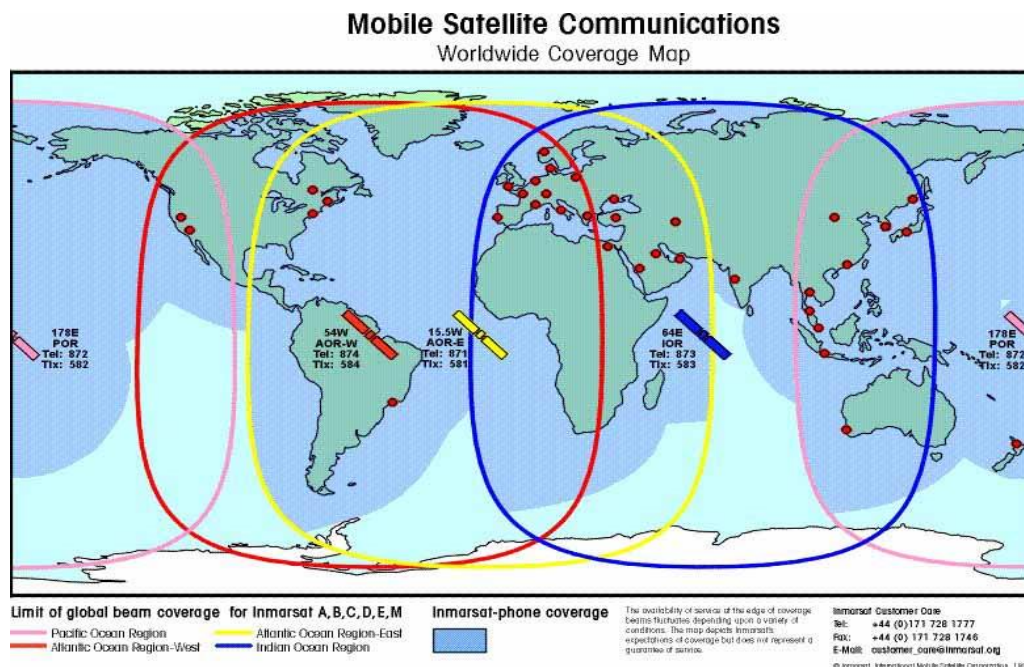


Figura 21. Cobertura Inmarsat (<http://www.navtec.de/fotos/inmarcov.jpg>)

Parte IV

Centros Comunicaciones Radio Marítimas en España (CCR)

Capítulo I

Servicio de Socorro y Seguridad de la Vida Humana en el Mar.

4.1.1 Introducción.

En este capítulo se tratará del nuevo marco que supone el cambio en el contrato para la prestación del servicio de la vida humana en el mar, que se firma con Abertis a Cellnex Telecom la cual adquirió los derechos en el año 2015 ya que antes esta empresa formaba parte de Abertis Telecom pero se han separado. Ahora Abertis se dedica a las infraestructuras y Cellnex a las comunicaciones. Por tanto, nos centraremos la red de estaciones costeras que Cellnex ofrece a la Marina Mercante para dar el servicio ofertado.

4.1.2 Entrada de Cellnex Telecom.

La Dirección General de la Marina Mercante (DGMM), como centro directivo del Ministerio de Fomento, tiene atribuidos, entre otras, las competencias de prestación de los servicios de ‘Socorro y Seguridad de la Vida Humana en el Mar’, encomendados mediante la Ley General de Telecomunicaciones (LGT) (Ley 32/2003, de 3 de noviembre).

La DGMM facilita la prestación de dichos servicios en las bandas de VHF, MF y HF a través de Cellnex Telecom que lo presta en régimen de contratación administrativa.

Los servicios que presta Cellnex Telecom son los mismos que prestaba en su momento Abertis Telecom, los cuales fueron mencionados en la Parte III, Capítulo I de este trabajo fin de grado.

4.1.3 Red estaciones costeras.

La red de estaciones costeras, en diferentes bandas (VHF, MF, HF), proporcionan cobertura a las zonas de responsabilidad SAR españolas.

Dicha red consta de:

- 37 estaciones costeras de VHF.
- 9 estaciones costeras de MF.
- 1 estación costera de HF.

Actualmente, esas estaciones están gestionadas desde tres Centros de Comunicaciones Radio Marítimas (CCR); A Coruña, Las Palmas y Valencia.

El sistema AIS del que hablaremos más adelante, se presta a Salvamento Marítimo y consta de 38 estaciones costeras, lo que permite tener una amplia cobertura de la señal.

A continuación voy a mostrar diferentes tablas con los emplazamientos de las diferentes estaciones costeras según la zona marítima de cobertura.

Zona A1: cobertura VHF, se mantiene la escucha 24 horas al día los 365 días del año en el canal 16 y en DSC canal 70. Tiene un alcance de 35 millas. En la siguiente tabla podemos ver todas las estaciones costeras de VHF que tiene Cellnex Telecom:

CCR	MMSI	Estación Costera	LATITUD	LONGITUD	Dúplex	Simplex
					Canal	Canal
La Co-ruña	002241022	Pasajes	43°20'40,98"N	001°51'20,98"W	27	6
		Bilbao	43°22'20,96"N	002°45'44,99"W	26	74
		Santander	43°17'28,23"N	004°08'37,70"W	24	72
		Cabo Peñas	43°29'32,12"N	005°56'29,68"W	27	6
		Navia	43°27'23,27"N	006°49'13,90"W	62	74
		Cabo Ortegal	43°43'03,98"N	007°53'38,00"W	2	72
		Coruña	43°27'10,14"N	008°17'00,50"W	26	6
		Finisterre	43°04'37,81"N	009°13'30,51"W	22	74
		Vigo	42°19'01,92"N	008°42'09,85"W	20	6
		La Guardia	41°53'29,53"N	008°52'09,87"W	82	72
Va-len-cia	002241024	Cabo de Gata	36°59'20,57"N	002°22'59,15"W	24	72
		Melilla	35°17'48,00"N	002°55'58,00"W	25	6
		Cartagena	37°29'25,41"N	001°33'48,18"W	27	6
		Cabo la Nao	38°39'07,99"N	000°16'19,73"W	85	74
		Castellón	40°05'12,41"N	000°01'57,92"E	28	72
		Tarragona	41°14'59,58"N	001°03'26,62"E	24	6
		Barcelona	41°25'06,20"N	002°06'55,41"E	60	74
		Begur	41°56'56,00"N	003°12'33,30"E	23	6
		Cadaqués	42°18'07,83"N	003°15'00,43"E	27	72
		Menorca	39°59'07,99"N	004°06'50,98"E	85	6
		Palma	39°44'15,61"N	002°43'04,81"E	7	72
		Ibiza	38°55'00,96"N	001°16'43,26"E	3	6
Las Pal-mas	002241026	Huelva	37°12'29,59"N	007°01'06,41"W	26	6
		Cádiz	36°38'10,72"N	006°09'05,56"W	28	74
		Tarifa	36°07'30,95"N	005°45'48,04"W	83	6
		Málaga	36°29'13,00"N	005°12'23,00"W	26	72
		Motril	36°49'29,95"N	003°24'00,82"W	81	74
		La Palma	28°38'52,78"N	017°49'32,88"W	20	6
		Hierro	27°47'39,00"N	017°56'10,00"W	23	74
		Gomera	28°04'59,00"N	017°07'06,00"W	24	6
		Tenerife	28°18'24,28"N	016°30'09,16"W	27	72
		Las Palmas	27°57'30,90"N	015°33'29,29"W	26	74
		Fuerteventura	28°24'24,37"N	014°02'40,54"W	22	6
		Yaiza	28°55'08,01"N	013°47'02,41"W	3	74
Arrecife	29°13'00,30"N	013°28'42,37"W	25	72		

Figura 22. Tabla estaciones costeras VHF. (Radio comunicaciones 2013. Folleto Abertis Telecom para ministerio de fomento)

Como vemos en la tabla aparece el CCR al que pertenece cada estación, la posición en la que se encuentran las antenas y los canales dúplex y simplex. Los dúplex los utilizan los CCR como canales de trabajo y los simplex son los canales que Cellnex Telecom otorga a Salvamento Marítimo. En esa tabla hay que añadir dos nuevas estaciones costeras que se están instalando para aumentar la cobertura por la zona Oeste de las Islas Canarias. Una es en la isla de El Hierro, en la Restinga, a la cual se le designará el canal 02 en dúplex y el 72 en simplex. La otra estación es en la isla de La Palma, en Garafía, con el canal 25 para el dúplex y el 74 para simplex.

Zona A2: en esta zona la cobertura es para MF manteniendo la escucha permanente en DSC en la frecuencia 2187,5 KHz. Su extensión es de 150 millas. En la actualidad no se mantiene la escucha en la frecuencia de socorro en fonía, 2182 KHz. al igual que con la zona A1, les muestro una tabla con las frecuencias de cada estación costera de onda media y la posición en la que se encuentran.

Zona A3: zona de cobertura de onda corta (HF). Las estaciones costeras de esta zona de cobertura están permanentemente a la escucha de DSC en las frecuencias de 8,4145 MHz y en 12,577 MHz. en la Figura 20 vemos la tabla con las estaciones costeras de HF las cuales se gestionan desde el CCR Coruña.

Estación Cellnex	Tx / Rx	CCR	MMSI	Estación Costera	LATITUD	LONGITUD	Simplex				Dúplex	
							Frq. (MHz)				Ch 804	Ch 1201
											Frq. (MHz)	
Arganda	Rx	La Coruña	002241022	Madrid Radio	40°16'33,00"N	003°22'43,00"W	8,291	12,290	8,4145	12,577	8,204	12,230
Trijueque	Tx				40°46'43,17"N	002°59'07,39"W	8,291	12,290	8,4145	12,577	8,728	13,077

Figura 23. Tabla estaciones costeras HF. (Radio comunicaciones 2013. Folleto Abetis Telecom para ministerio de fomento)

CCR	MMSI	Estación Costera	Tx / Rx	Latitud	Longitud	Simplex			Duplex							
						Tx 1	Tx 2	Rx 1	Rx 2	Rx 3	Canal	Freq. (kHz)	Tx / Rx			
A Coruña	002241022	Machichaco Radio	Tx	43°20'40,98"N	001°51'20,98"W	2.182	4.009				255	1.677	Tx			
			Tx	43°28'42,54"N	003°51'01,08"W	2.188						255	2.102	Rx		
			Rx	43°30'12,81"N	003°32'58,89"W			2.182	2.187,5	4.009						
		Coruña Radio	Tx	43°27'23,27"N	006°49'13,90"W	2.182	4.018					265	1.707	Tx		
			Tx	43°27'10,14"N	008°17'00,50"W	2.188						265	2.132	Rx		
			Rx	43°43'03,98"N	007°53'38,00"W			2.182	2.187,5	4.018						
		Finsterre Radio			Tx	43°04'37,81"N	009°13'30,51"W	2.182	4.009				262	1.698	Tx	
					Tx	42°20'35,04"N	008°43'09,06"W	2.188						262	2.123	Rx
					Rx	42°55'48,06"N	009°11'52,59"W			2.182	2.187,5	4.009				
				Cabo de Cata Radio			Tx	36°41'16,81"N	002°42'04,54"W	2.188					264	1.704
Tx	36°43'51,66"N						002°38'24,54"W	2.182	4.009							
Rx	36°44'35,94"N						003°18'32,82"W			2.182	2.187,5	4.009				
Valencia	002241024	Cabo de la Nao Radio	Tx	37°29'25,41"N	001°33'48,18"W	2.182	4.018				285	1.767	Tx			
			Tx	37°37'47,88"N	000°57'48,48"W	2.188						285	2.111	Rx		
			Rx	38°55'00,96"N	001°16'43,26"E			2.182	2.187,5	4.018						
		Palma Radio			Tx	39°38'05,22"N	002°40'12,12"E	2.188					281	1.755	Tx	
					Tx	39°44'15,61"N	002°43'04,81"E	2.182	4.009							
					Rx	41°56'54,62"N	003°13'02,99"E			2.182	2.187,5	4.009				
					Tx	37°12'28,59"N	007°01'06,41"W	2.188						248	2.099	Rx
					Tx	36°15'57,95"N	006°00'48,18"W	2.182	4.018							
					Rx	36°17'48,35"N	006°08'18,68"W			2.182	2.187,5	4.018				
					Tx	28°30'32,50"N	017°50'22,33"W	2.182	4.018							
Las Palmas Radio			Tx	28°28'58,02"N	016°16'10,56"W	2.188					259	1.689	Tx			
			Rx	28°31'56,58"N	016°15'46,38"W			2.182	2.187,5	4.018						
			Tx	28°32'37,00"N	013°52'41,00"W	2.188						244	1.644	Tx		
			Rx	29°08'26,81"N	013°31'02,40"W			2.182	2.187,5	4.009						
Las Palmas	002241026	Arrecife Radio	Tx	29°13'00,30"N	015°28'42,37"W	2.182	4.009				244	2.069	Rx			
			Rx	28°02'54,90"N	015°26'58,88"W			2.182	2.187,5	4.009						

Figura 24. Tabla estaciones costeras de MF. (Radio comunicaciones 2013. Folleto Abetis Telecom para ministerio de fomento)

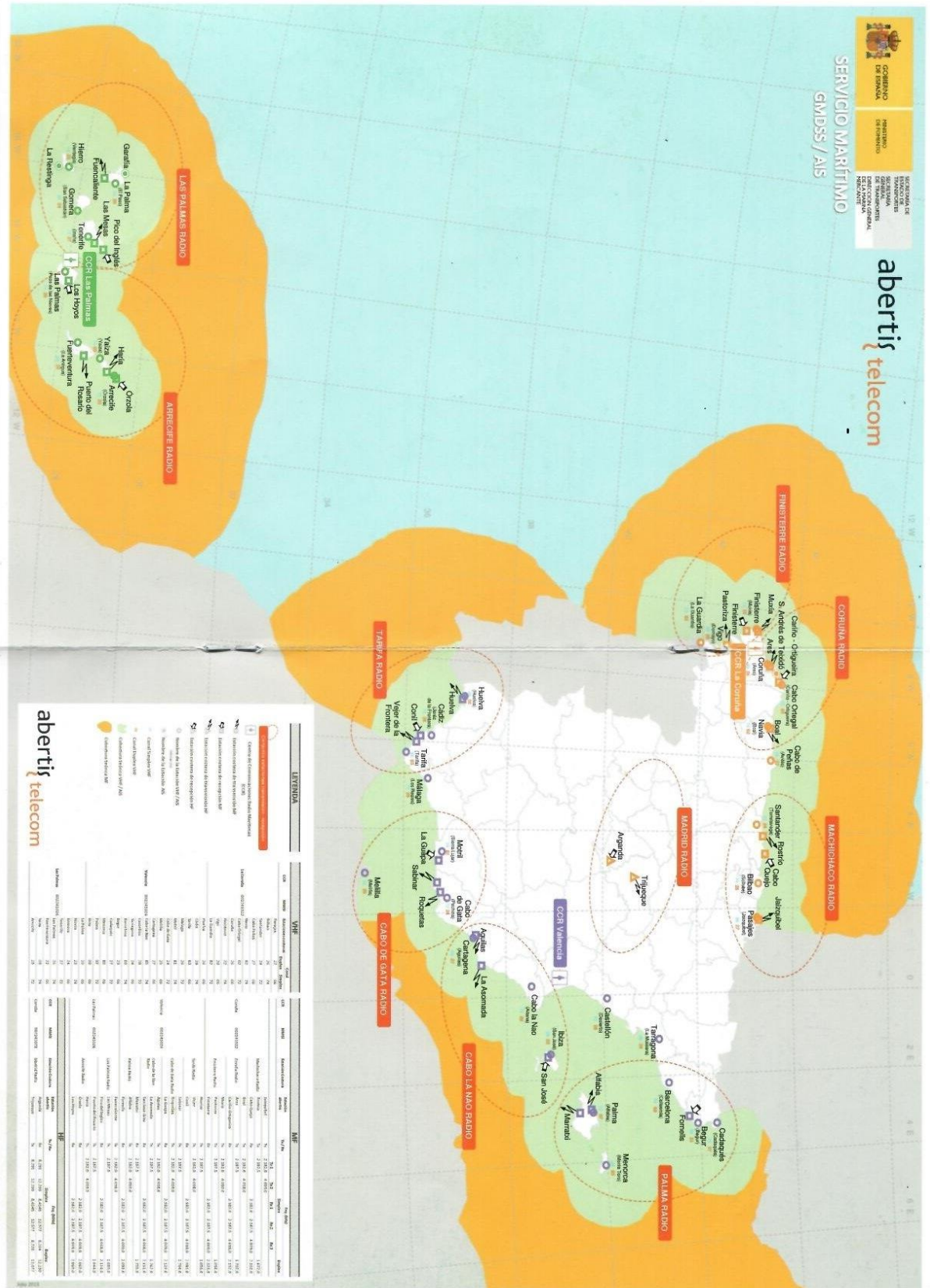


Figura 25. Mapa con todas las estaciones costeras. (Radio comunicaciones 2013. Folleto Abetis Telecom para Ministerio de Fomento)

4.1.4 Asociación CCR y CCS.

Para coordinar todas las actuaciones que se puedan producir, se realiza una vinculación entre el Centro de Coordinación de Salvamento (CCS) y los CCR. Dichas vinculaciones se pueden ver en la siguiente tabla (Figura 26).

CCR A Coruña	CCS BILBAO CCS SANTANDER CCS GIJÓN CCS A CORUÑA CCS FINISTERRE CCS VIGO	CCR Va- lencia	CCS ALMERÍA CCS CARTAGENA CCS VALENCIA CCS CASTELLÓN CCS TARRAGONA CCS BARCELONA CCS PALMA	CCR Las Palmas	CCS HUELVA CCS CÁDIZ CCS TARIFA CCS ALGECIRAS CCS LAS PALMAS CCS S.C. TENERIFE
-----------------	----------------------------------------------------------------------------------------	-------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------

Figura 26. Tabla de vinculación entre CCS y CCR. (Radio comunicaciones 2013. Folleto Abetis Telecom para ministerio de fomento)

Como vemos en la tabla, al CCR de Coruña le corresponden los CCS del norte de España, al CCR de Valencia los CCS del Mediterráneo hasta CCS Almería y al CCR Las Palmas los CCS de Canarias y de Andalucía. Toda esta asociación puede cambiar ya que cada CCR puede asumir el control de todas las estaciones costeras o las que fueran necesarias gracias a la gran versatilidad del sistema.

A parte de estos centros está el **Centro Nacional de Coordinación de Salvamento (CNCS)** que se encuentra en Madrid. Este centro está también vinculado con los tres CCR ya que actúa como coordinador de los CCS.

4.1.5 Boletines Meteorológicos (WX).

Teniendo en cuenta el número de estaciones costeras y sus coberturas, los horarios y frecuencias de emisión, los boletines meteorológicos están distribuidos de tal forma que no existe coincidencia en la difusión de los mismos.

Los procedimientos operativos de todos los servicios que afectan a la Seguridad de la Vida Humana en la Mar, están ajustados a lo dispuesto en la reglamentación nacional e inter-nacional.

Todas las estaciones costeras de VHF y Onda Media, emiten Boletines Meteorológicos, previo anuncio en el canal 16 y en la frecuencia de 2182 kHz, en los canales / frecuencias y horario indicado en los cuadros siguientes (Figura23).

WX VHF				
CCR	Estaciones costeras	Horarios (UTC)		
A Coruña	La Guardia, Vigo, Finisterre, Coruña, Cabo Ortegal, Navia, Cabo Peñas, Santander, Bilbao y Pasajes Radio	03:00	12:15	17:33
Valencia	Cabo de Gata, Melilla, Cartagena, Cabo La Nao, Castellón, Tarragona, Barcelona, Begur, Cadaqués, Menorca, Palma e Ibiza Radio	04:10	13:03	18:10
Las Palmas	Huelva, Cádiz, Tarifa, Málaga y Motril Radio	02:00	11:15	16:33
	La Palma, Garafía, Hierro, La Restinga, Gomera, Tenerife, Las Palmas, Fuerteventura, Yaiza y Arrecife Radio	03:40	13:40	19:03
WX MF				
A Coruña	Machichaco, Coruña, Finisterre y Tarifa Radio	09:03	15:03	23:03
Valencia	Cabo de Gata, Cabo de la Nao y Palma Radio	10:03	15:33	23:33
Las Palmas	Las Palmas y Arrecife Radio	10:40	16:03	22:33

Figura 27. Horarios de los boletines meteorológicos con sus estaciones costeras y CCR. (Radio comunicaciones 2013. Folleto Abertis Telecom para ministerio de fomento)

Las zonas meteorológicas para los diferentes CCR se muestran a continuación:

Zonas VHF

CCR A Coruña:

Costa de País Vasco y Cantabria

Costa de Galicia

Costa de Asturias

CCR Valencia:

Costa de Valencia y Murcia

Costa de Islas Baleares

Costa de Cataluña

Costa de Andalucía Oriental, Melilla y Alborán

CCR Las Palmas:

Costa de Andalucía Occidental y Ceuta

Costa de Andalucía Oriental, Melilla y Alborán

Costa de Islas Canarias

Zonas MF

CCR Coruña:

- Alta mar Zonas Atlánticas al Norte de 30° N: Gran Sol, Pazzen, Iroise, Yeu, Rochebonne, Altair, Charcot, Finisterre, Cantábrico, Azores, Josephine, Porto, San Vicente, Cádiz, Estrecho, Madeira, Casablanca y Agadir.
- Alta Mar Zonas Mediterráneas: Alborán y Palos.

CCR Valencia:

- Alta Mar Zonas Mediterráneas: Alborán, Estrecho, Palos, Argelia, Cabrera, Baleares, Menorca, León, Provenza, Liguria, Córcega, Cerdeña y Annaba.
- Alta Mar Zonas Atlánticas al Norte de 30° N: Cádiz y Estrecho.

CCR Las Palmas:

- Alta Mar Zonas Atlánticas al Sur de 35° N: Madeira, Casablanca y Agadir, Canarias, Tarfaya, Cap Blanc, Cap Timiris, Este de Sierra Leona, Golfo de Guinea.

4.1.6. Aviso a los Navegantes (NX).

Las estaciones costeras de VHF y MF transmiten Avisos a los Navegantes procedentes de las Autoridades Marítimas. Estos contienen indicaciones útiles para la navegación y se refieren a las costas del litoral marítimo español. Todos los avisos se emiten por las frecuencias principales de trabajo, previo anuncio en el canal 16 de las costeras de VHF y en 2.182 kHz de las costeras de Onda Media, según el horario indicado en los siguientes cuadros:

NX VHF			
A Coruña	La Guardia, Vigo, Finisterre, Coruña, C.Ortegal, Navia, C.Peñas, Santander, Bilbao y Pasajes Radio	03:00	17:33
Valencia	Cabo de Gata, Melilla, Cartagena, Cabo La Nao, Castellón, Tarragona, Barcelona, Begur, Cadaqués, Menorca, Palma e Ibiza Radio	04:10	18:10
Las Palmas	Huelva, Cádiz, Tarifa, Málaga y Motril Radio	02:00	16:33
	La Palma, Garafia ,Hierro ,La Restinga, Gomera, Tenerife, Las Palmas, Fuerteventura, Yaiza y Arrecife Radio	03:40	19:03
NX MF			
A Coruña	Machichaco, Coruña, y Finisterre Radio	07:03	20:33
Valencia	Tarifa, Cabo de Gata, Cabo de la Nao y Palma Radio	08:40	20:33
	Cabo de la Nao y Palma Radio	08:03	19:33
Las Palmas	Las Palmas y Arrecife Radio	06:33	21:10

Figura 28. Tabla con los horarios de emisión de los NX. (Radio comunicaciones 2013. Folleto Abetis Telecom para ministerio de fomento)

4.1.7. Servicio Radio-Médico.

Cellnex Telecom facilita gratuitamente la conexión con el servicio de consultas Radio médicas que proporciona el Instituto Social de la Marina (Centro Radio médico). En caso de consultas en lengua inglesa, este Centro cuenta con el apoyo del “International Radio Medical Centre” de Roma.

Capítulo II

Equipamiento Radioelectrónico de una Estación Costera.

4.2.1 Introducción.

En este capítulo II se analizará el equipamiento que precisan las costeras para dar el servicio de seguridad y socorro de la vida humana en el mar. Comenzaremos por las antenas que usan, explicando las características que tienen las de VHF y MF. Seguiremos con los equipos de VHF y luego con los de MF. Y para acabar trataremos de explicar el equipo AIS ya que es un sistema que poseen todos los centros para identificar a los barcos que posean dicho dispositivo.

4.2.2 Antenas

Las antenas juegan un papel fundamental de un sistema de emisión y recepción de ondas electromagnéticas de ahí a la importancia que tiene a la hora de su colocación y fabricación. Es el dispositivo que radia y recibe las ondas. En general, se usa la misma antena para la transmisión que para la recepción. Aunque aquellos transceptores que pueden trabajar con dos frecuencias distintas, como es el caso de los dúplex, se instalan dos antenas separadas para así evitar interferencias no deseadas. El objetivo de una instalación de antena es conseguir que éstas sean resonantes es decir, cuya reactancia sea cero o prácticamente nula.

El parámetro más importante de una antena es su longitud ya que de ella depende el alcance de radiación y de la frecuencia óptima de trabajo. Para conseguir una longitud de antena correcta y ésta entre en resonancia se colocan en el circuito componentes pasivos (condensadores y bobinas) en lugar de fabricar antenas con medidas adecuadas. La fórmula para saber cuál es la longitud de antena y por tanto la longitud de onda, relaciona la velocidad de la luz es decir, la velocidad a la que se propagan las ondas electromagnéticas con la frecuencia a la cual se quiere establecer la comunicación. La expresión es la siguiente:

$$\lambda = c \div f$$

En donde la velocidad de la luz es de 300.000 km/segundos y la frecuencia se da en Kilohercios (KHz) así la unidad de la longitud de onda es en metros.

Tampoco podemos olvidarnos de otros parámetros que son importante destacar:

- **Patrón de radiación:** es la representación gráfica de la radiación de la antena en función de la dirección en la que radia. Es la siguiente figura vemos representado gráficamente el patrón de radiación de diferentes tipos antenas.

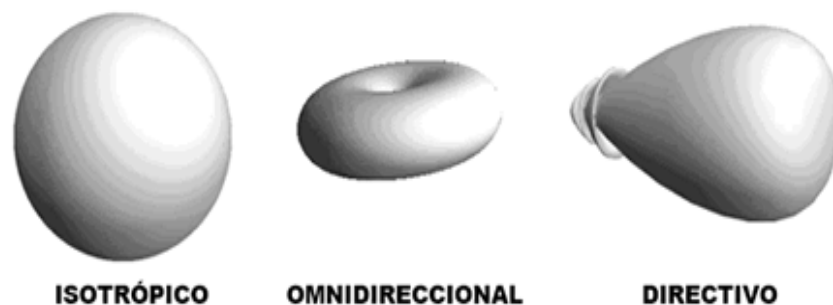


Figura 29. Patrón de radiación de antenas. (http://www.lectoresrfid.com/assets/img_090210/dispositivos/antenas/Antenas_RFID_patrones_radiacion.gif)

- **Ancho de banda:** se define como el rango de frecuencias en las que la antena cumple su función de una forma correcta.
- **Directividad:** es la relación entre la intensidad de radiación del máximo de la antena y la intensidad de una antena isotrópica, es decir una antena ideal que radia en todas direcciones uniformemente.
- **Ganancia:** es la relación entre la densidad de radiación en una dirección a una cierta distancia y la densidad de una antena isotrópica a la misma distancia.
- **Eficiencia:** es la relación entre la potencia radiada de una antena y la potencia entregada.

4.2.2.1 Antenas de VHF.

En este apartado veremos las características de los dos tipos de antenas para la banda VHF que usan las Estaciones Costeras de España actualmente, como son el dipolo plegado y las antenas colineales las comúnmente instaladas son de la marca Procom.

Dipolo plegado: la banda de frecuencia de esta antena es de 160 MHz. Es un dipolo único plegado con 0 dBd incorporando un balun optimizado para todo el ancho de banda y precisión de acoplamiento. Toda la unidad balun y terminales de alimentación quedan completamente sellados en una moldura de polietileno que garantiza conexiones a prueba de agua.

El elemento dipolo, el soporte boom y anclajes metálicos adyacentes han sido construidos con una aleación de aluminio de alta calidad para prevenir la corrosión. Todas las partes metálicas están puestas a tierra para prevenir corto circuitos.

Estas antenas se pueden organizar de diversas formas para producir mayor ganancia, lóbulos directivos o cancelación de interferencia disponiendo del cableado de adaptación adecuado. La antena se suministra completa incluyendo el soporte para su montaje en mástil de 30-58 mm de diámetro. Es tipo de antena es la utilizada para las instalaciones de la Península y miden unos 1,50 metros de altura.

ESPECIFICACIONES:

ELÉCTRICAS	
MODELO	DP 2
TIPO DE ANTENA	Dipolo plegado con boom
FRECUENCIA	Cobertura. 144-175 MHz
IMPEDANCIA	Nom. 50 Ω
POLARIZACIÓN	Vertical u horizontal
GANANCIA	2 dBi 0 dBd
ANCHO DE BANDA	31 MHz
ROE	≤ 1.5
POTENCIA MÁXIMA	150 W
PROTECCIÓN ANTIESTÁTICA	Partes metálicas puestas a tierra para CC (el conector presenta un cortocircuito frente a CC)
MECÁNICAS	
CONEXIÓN	3 m de cable RG 213 terminado en conector tipo N-hembra
SUP. AL VIENTO	0.060 m ²
CARGA AL VIENTO	76 N a 160 km/h
COLOR	"Aluminio"
MATERIALES	Aluminio
DIMENSIONES	Diámetro del boom : 31.8 mm Diámetro del elemento dipolo : 19.0 mm Longitud del boom : Aprox. 1.4 m Longitud del elemento : Aprox. 0.8 m
PESO	Aprox. 3.3 kg
MONTAJE	En mástil de 30-58 mm de diámetro

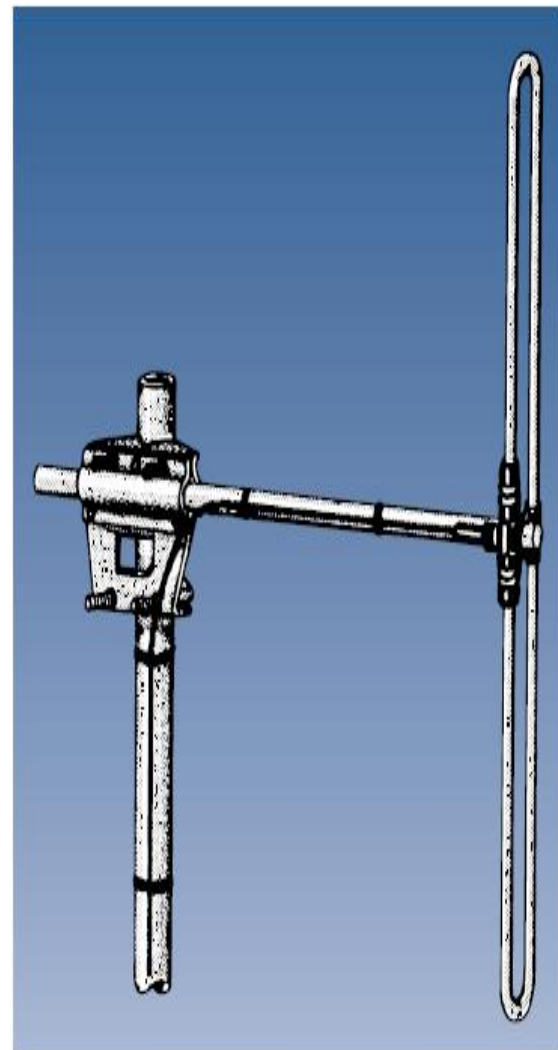


Figura 30. Especificaciones técnicas del dipolo plegado y antena dipolo. (PROCOM. Archivos Cellnex Telecom)

Antenas Colinaeales: La CXL 2-3C/ es una antena de base robusta, omnidireccional, con 3 dBd de ganancia y polarización vertical que cubre la banda de 160 MHz. La antena va provista de un anclaje universal muy resistente tipo "C" de aluminio no corrosivo revestido de epoxi. Los pernos en "U" y anclajes son de acero inoxidable. La antena se puede montar en mástiles de 27-65 mm de diámetro pudiendo conducir el cable por el interior o el exterior del mástil.

El enfasamiento de los elementos radiantes está cuidadosamente ajustado para conseguir la máxima ganancia en el plano horizontal, con el nivel de lóbulos laterales reducido al mínimo.

El elemento de la antena de banda ancha está completamente encerrado en una funda de fibra de vidrio que garantizará su funcionamiento sin interrupciones debidas a entornos corrosivos. Para reducir substancialmente el ruido ocasionado por las descargas atmosféricas, todas las partes de la antena están puestas a tierra mostrando la antena, en su cable coaxial, un cortocircuito frente a corriente continua. Esta antena está fabricada para asegurar su funcionamiento bajo cualquier tipo de climatología.

ESPECIFICACIONES:

ELÉCTRICAS	
MODELO	CXL 2-3C/...
TIPO DE ANTENA	Colineal de banda ancha
FRECUENCIA	137-175 MHz cubierta por tres modelos
IMPEDANCIA	Nom. 50 Ω
RADIACIÓN	Omnidireccional
POLARIZACIÓN	Vertical
GANANCIA	5 dBi 3 dBd
ANGULO DEL HAZ A MEDIA POTENCIA	30°
ANCHO DE BANDA	13 MHz
ROE	≤ 1.5
POTENCIA MÁXIMA	400 W
ANTISTAIC ANTIESTÁTICA	Partes metálicas puestas a tierra para CC (El conector presenta cortocircuito frente a CC)
MECÁNICAS	
CONECTOR	N hembra
SUP. AL VIENTO	0.143 m ²
CARGA AL VIENTO	181 N a 160 km/h
COLOR	Blanco Náutico
MATERIALES	Radomo: Fibra de vidrio revestida de poliuretano Soporte de montaje: Aluminio resistente al agua de mar revestido de epoxi
ALTURA TOTAL	Aprox. 2.95 m (Dep. on frecuencia)
PESO	Aprox. 4.2 kg
MONTAJE	Sobre mástil de 27-65 mm de diámetro.



Figura 31. Especificaciones técnicas y antena colineal. (PROCOM. Archivos Cellnex Telecom)

4.2.2.2 Antenas de Onda Media (MF).

En la banda de frecuencias de O.M. en casi todos los casos se utiliza como elemento radiante el mono polo en cuarto de onda. Esto es una antena vertical en cuarto de onda, en que parte del sistema radiante lo constituye la tierra. Esto es así, simplemente porque la propagación de la O.M. básicamente es terrestre, y además así nos interesa que sea ya que el área de cobertura durante el día es propagación terrestre, y no interesa radiar en ángulo alto para evitar en lo posible interferencias con otras estaciones en propagación nocturna por reflexión ionosférica.

La antena o sistema radiante en O.M. está constituido por una torre estilizada generalmente de sección triangular, aislada en su base por un aislador de porcelana donde se alimenta la energía del transmisor.

Sin entrar en este momento en la teoría de antenas, solamente vamos a ir dando las fórmulas de cálculo a modo de recetas para su aplicación práctica en cada caso.

Así diremos que la antena fundamental es el dipolo, cuya longitud tiene que ser de media onda a la frecuencia de trabajo. Para el cálculo de la longitud de onda aplicaremos la siguiente fórmula:

$$\lambda = 300/F \text{ (MHZ)}$$

La letra griega lambda representa la longitud de onda en metros. Se deduce de dividir la velocidad de la luz, entre la frecuencia en megaciclos. Por esto dividimos 300 en vez de 300.000 ya que el denominador está en MHz. Esto nos da la longitud de onda en el espacio libre. Si queremos saber la longitud de onda de 1MHz, veremos que son 300mts.

Para calcular media longitud de onda dividiremos por 2, o sea 150mts sería la longitud de un dipolo a la frecuencia de 1MHz. Para tener la longitud real o física, tenemos que multiplicar el valor que nos dé por 0,05 para compensar el efecto de punta, o las pérdidas por aisladores etc. De manera que para calcular media longitud de onda directamente dividimos $142,5/F$ (MHz). Esta sería la longitud física del dipolo.

Como en nuestro caso hablamos de un monopolo de $\frac{1}{4}$ de onda tenderemos que dividir por 2 la longitud del dipolo. En nuestro ejemplo, dividimos $142,5/2=71,5$ mts.

Esta sería la longitud física teórica de un monopolo de $\frac{1}{4}$ de onda a 1MHz. Este cálculo es válido para antenas más pequeñas, es decir medidas que sean manejables, una varilla, un tubo etc.; pero no una torre que tiene 71,25 de altura soportada en un aislador de base, arriostrada mediante unos vientos que ofrecen resonancias y capacidades parásitas, el diámetro de la torre que también produce un acortamiento de su longitud física, etc.

En la Figura 32 Se puede apreciar una fotografía de una antena para O.M. Como hemos dicho que el monopolo es la mitad de un dipolo, el "brazo" que nos faltaría en estos casos hay que compensarlo con una conexión a tierra.



Figura 32. Antena de Onda Media. (<http://www.analfatecnicos.net/fotos/68.jpg>)

4.2.3. Configuración Radio de VHF.

En las actuales estaciones costeras los equipos de VHF se unifican en un dispositivo el cual puede cumplir las funciones de transmisión y recepción. Es una estación base TAIT en donde con un solo dispositivo podemos usar dos emplazamientos costeros de 5 vatios o 50 vatios como por ejemplo, en Canarias, Yaiza1 y Yaiza2, lo que corresponde a canal 16 y canal dúplex respectivamente.

A continuación se muestra una serie de figuras de una estación base de VHF con sus diferentes partes y módulos y sus conexiones.



Figura 33. Parte frontal estación base TAIT. (Manual TB8100. Archivos propios CellnexTelecom. Manual TAIT8100)



Figura 34. Parte trasera estación base TAIT. (Manual TB8100. Archivos propios CellnexTelecom. Manual TAIT8100)

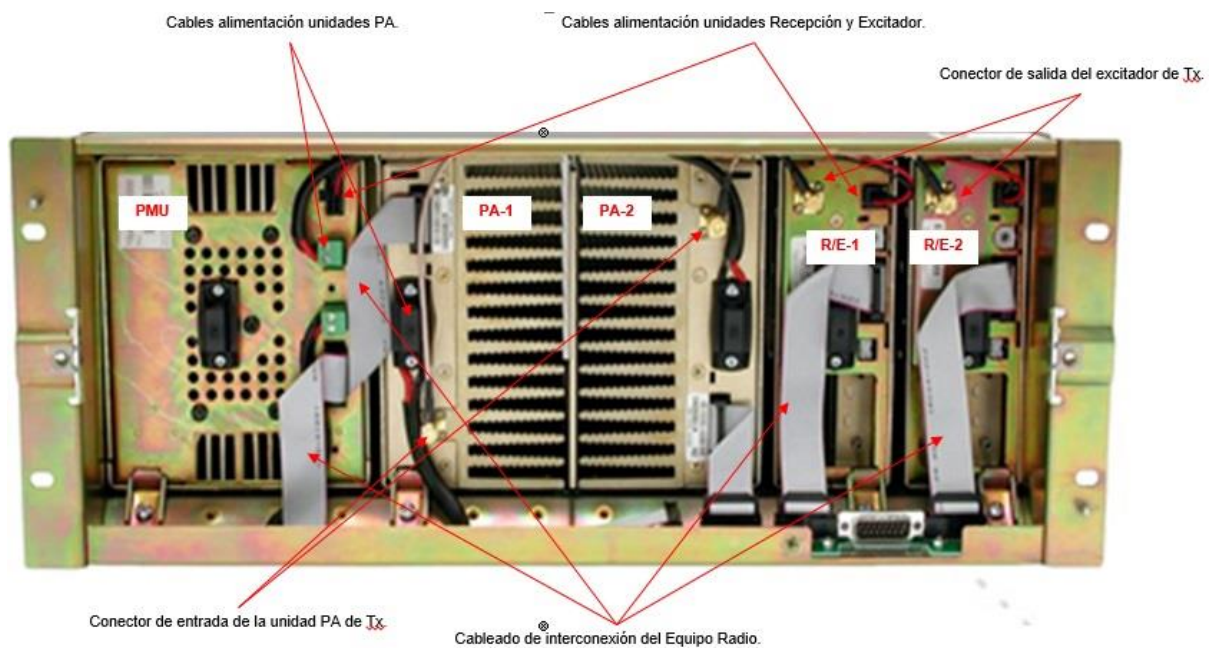


Figura 35. Parte delantera sin tapa y con conexionado. (Archivos propios CellnexTelecom. Guía de instalación TAIT8100)

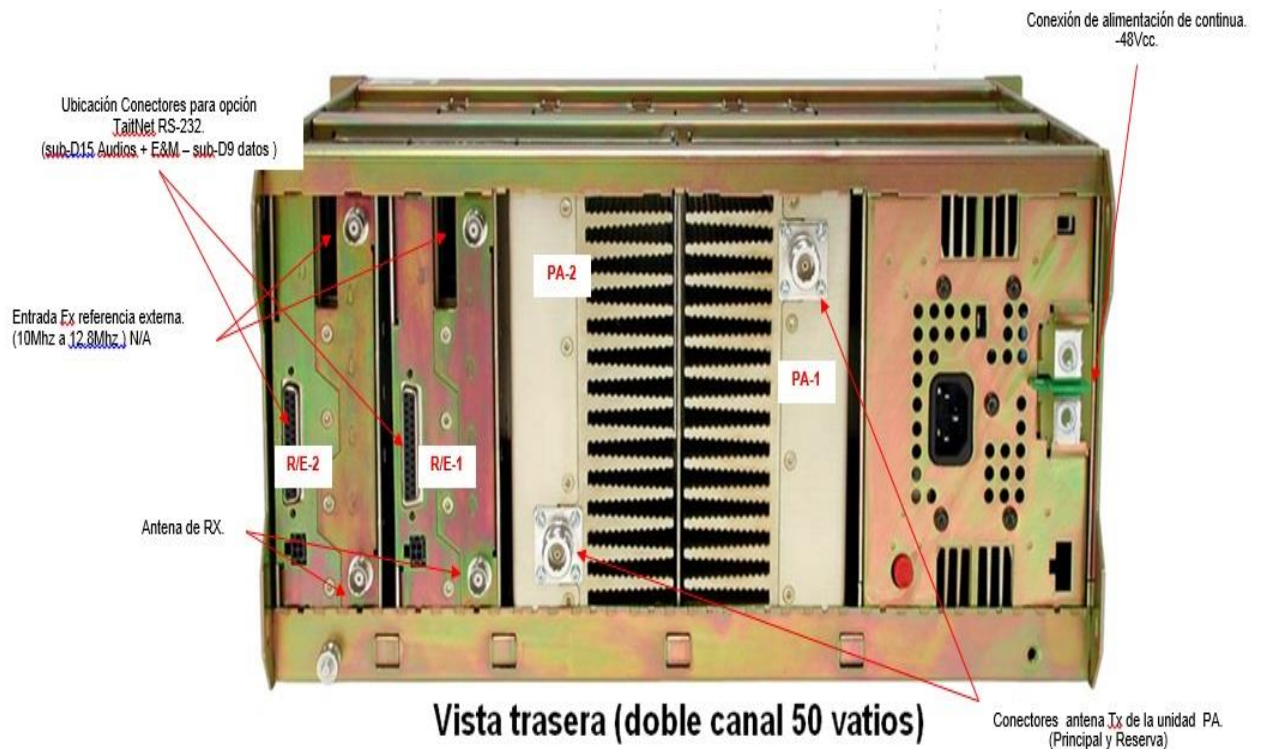


Figura 36. Parte trasera sin tapa. (Archivos propios CellnexTelecom. Guía de instalación TAIT8100)

En transmisión se dispondrá de una antena conectada a un combinador de seis canales. Estos canales se configuran como sigue: canal 16 (Radiotelefonía), canal 70 (LLSD), canal de trabajo y un canal de reserva para cada uno de los comentados anteriormente. De esta manera, en caso de fallo de una radio principal siempre se tendrá disponible un canal de reserva para poder suplirlo asegurando así el continuo funcionamiento del sistema.

En recepción también se contará con una única antena seguida de un multiacoplador de seis vías. Desde aquí se bifurca la señal en cada uno de los receptores de cada canal. Al igual que en transmisión tenemos redundancia de equipos para no tener cortes de funcionamiento y asegurar un servicio de alta fiabilidad.

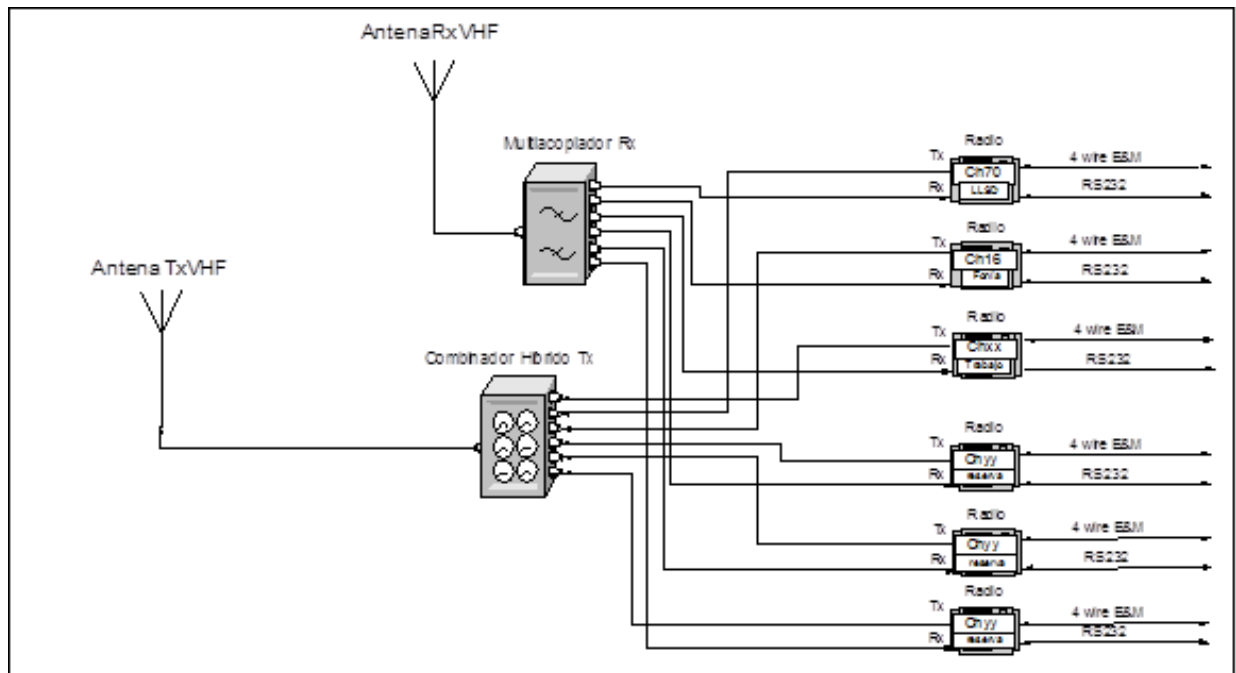


Figura37. Configuración de una instalación VHF. (Instalación equipos VHF de la DGMM).

Combinador híbrido: El combinador híbrido de cavidades propuesto es Procom con capacidad de combinar hasta 6 canales hacia una sola antena garantizando, debido a su diseño, unas pérdidas de inserción mínimas. Además al mismo tiempo que es capaz de mantener independencia entre las distintas frecuencias también introduce un gran aislamiento Tx-Tx para minimizar la intermodulación antes de la amplificación final.

Multiacoplador: Al igual que el combinador, el multiacoplador también pertenece al fabricante Procom y será capaz de conectar las 6 entradas de recepción a la antena. Es un dispositivo activo que asegura una gran sensibilidad de recepción al mismo tiempo que introduce un nivel de ruido muy bajo. Otra característica importante es que debido a ser un componente activo no introduce pérdidas de inserción y eso es muy importante a la hora de asegurar una óptima recepción.

4.2.3.1. Módulos de una estación base VHF.

- **Recitador:** El receptor, excitador y los circuitos de control digital se encuentran en el módulo del recitador. También incorpora una tarjeta de interfaz del sistema opcional, que proporciona entradas y salidas de sistema estándar.



Figura 38. Recitador. Fuente: Manual TB8100. (Archivos propios CellnexTelecom. Manual TAIT8100.)

- **Amplificador de Potencia (PA):** El amplificador de potencia (PA) amplifica la salida de RF del recitador. El amplificador de potencia (PA) se ha diseñado para funcionar con la salida de 28V de corriente continua que proporciona la unidad de administración de alimentación de la estación base TB8100.

El amplificador de potencia de 12V lleva incorporada una tarjeta de regulación interna, que convierte la entrada nominal de 12V en una salida de 28V de corriente continua que alimenta las tarjetas de circuito del amplificador del PA. La tarjeta de regulación proporciona también una salida de 12VDC para alimentar el recitador.



Figura 39. Amplificador Potencia. Fuente: Manual TB8100. (Archivos propios CellnexTelecom. Manual TAIT8100.)

- **Unidad de administración de alimentación (PMU):** La unidad de administración de alimentación (PMU) suministra una energía de 28V de corriente continua para los módulos de la estación base TB8100. La corriente de entrada puede ser corriente alterna (AC), corriente continua (DC).



Figura 40. Unidad de administración de alimentación. Fuente: Manual TB8100. (Archivos propios CellnexTelecom. Manual TAIT8100).

- **Panel de control:** El panel de control proporciona al usuario los controles y conexiones por hardware para el control directo de la estación base.



Figura 41. Panel de control. Fuente: Manual TB8100. (Archivos propios CellnexTelecom. Manual TAIT8100).

- **Unidad de calibración y de pruebas (CTU):** La unidad de pruebas y calibración de la estación base (CTU) proporciona una selección de entradas y salidas que permite conectar la TB8100 a un equipo de pruebas estándar o a una PC que cuente con el software del Kit de Servicio o del Kit de Calibración.



Figura 42. Unidad de calibración y pruebas. Fuente: (Manual TB8100. Archivos propios CellnexTelecom. Manual TAIT8100).

4.2.3.2. Diagramas de bloque de una estación base VHF.

Una vez mostrados los módulos y conexiones de una estación base de VHF se va a explicar el funcionamiento de su diagramas de bloques, es decir lo que le va ocurriendo a la señal durante su etapa de modulación, tanto en recepción como en transmisión. Se verá qué pasa dentro de cada una de las partes de la estación base con su diagrama de bloques correspondiente.

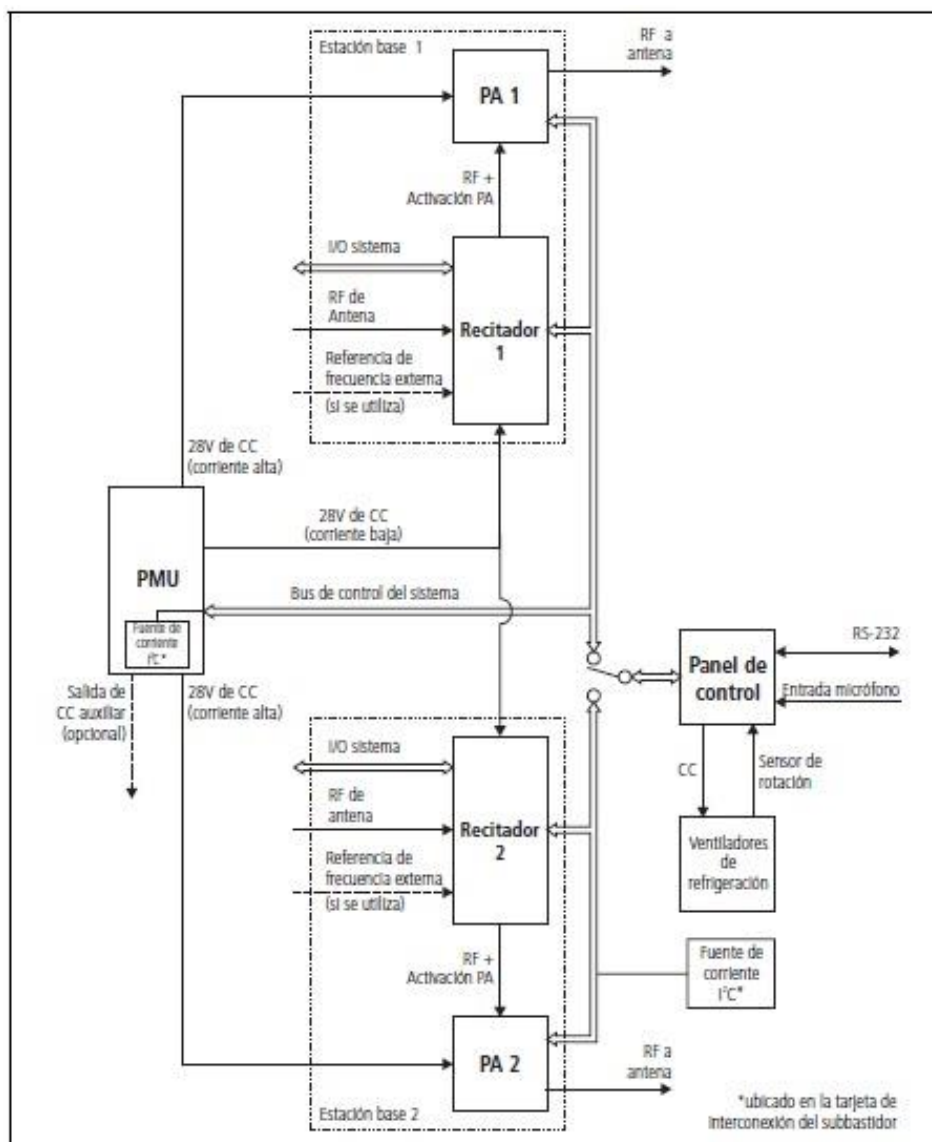


Figura 43. Esquema de una estación base de VHF. (Archivos propios CellnexTelecom. Manual TAIT8100).

a) Unidad de administración de alimentación (PMU):

La TB8100 puede recibir alimentación de la red de corriente alterna (AC) o de un suministro de corriente continua (DC). Por tanto, se va a ver (Figura44) los dos módulos de alimentación que tiene:

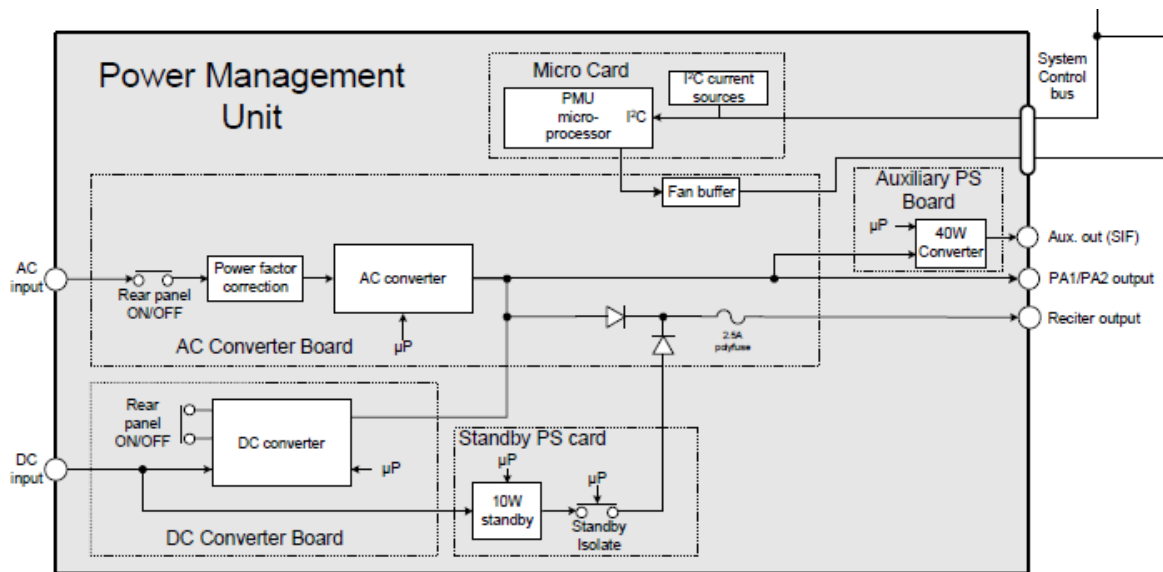


Figura 44. Diagrama de bloque de la unidad de alimentación. (Archivos propios CellnexTelecom. Manual TAIT8100).

Módulo de AC: El módulo AC acepta una entrada de 115/230V de CA, 50/60Hz nominales. La entrada es alimentada a través de la entrada del PFC (control del factor de potencia) hasta la etapa convertidora de CA. Los circuitos de esa etapa convertidora, generan la salida final de 28V de CC y proporcionan aislamiento galvánico entre la entrada de red y la salida de CC. La salida de la tarjeta convertidora de CA provee un filtro común de salida y un circuito de monitoreo de corriente que lo usan tanto el módulo AC como el DC. Una vez filtrada esos 28V de CC se distribuyen hacia el PA y el recitador.

Módulo de CC: El módulo de corriente continua acepta entradas de 12V, 24 V o 48 V de CC nominal (según el modelo). La entrada se envía a través del filtro de entrada DC a la entrada de la etapa de alimentación en la tarjeta convertidora de corriente continua. El circuito proporciona conversión en el convertidor para producir la salida final de CC. También brinda aislamiento galvánico, permitiendo que la entrada de CC tenga una conexión a tierra positiva o negativa. La salida final de CC se envía de nuevo a la etapa de salida en la tarjeta convertidora de CA.

b) Recitador:

En el recitador es donde se lleva a cabo el proceso de la señal tanto en recepción como en transmisión. Posee tres tarjetas para procesar la señal, una tarjeta de RF, otra digital y una opcional de interfaz. Mientras, el amplificador de potencia aumentará el nivel de salida de la señal a la hora de transmisión. A continuación, se va a explicar por partes dicho proceso.

RF del recitador en recepción: La señal de RF entrante se envía primero a través de un filtro de paso bajo, luego pasa por un filtro helicoidal doble y finalmente a través de un filtro de paso alto. Entonces la señal se amplifica y se pasa por otro filtro helicoidal

antes de enviarse al mezclador, donde se convierte a una IF (frecuencia intermedia) de 16,9MHz. Un VCO (oscilador controlado por tensión) suministra una entrada de +17dBm al mezclador, y un diplexor finaliza el puerto de IF del mezclador en 50Ω.

La señal del mezclador se envía a través de un filtro de cuarzo de 2 polos al amplificador de IF, el cual proporciona suficiente ganancia para impulsar el receptor digital. Téngase en cuenta que hay dos filtros de cuarzo de 2 polos, uno para la banda estrecha y otro para la banda ancha. El filtro que corresponda es elegido por conmutadores PIN controlados por software según el ancho de banda seleccionado en el software del Kit de Servicio. Por último la señal se envía al CAD (convertidor análogo-digital) en el receptor digital a través de un filtro antisolape.

RF del excitador, transmisión: Las señales de audio de la entrada de línea o de micrófono se envían a los circuitos de RF del excitador a través del DSP (procesador de señales digitales) y los CODEC (codificador/decodificador). Estas señales moduladoras se aplican al excitador en dos puntos (modulación doble): la modulación de baja frecuencia es a través del FCL (bucle de control de frecuencia), el cual modula la frecuencia de referencia del sintetizador del excitador, y la modulación de banda de voz es suministrada directamente al oscilador controlado por tensión VCO.

El VCO tiene un enganche de fase con la referencia de frecuencia a través del sintetizador. La salida del VCO pasa a través del búfer del VCO al amplificador del excitador, el cual incrementa la señal de RF a +20dBm. Esta señal es posteriormente reducida a través de un atenuador a +11dBm. Una señal de activación del PA de 8V de CC se mezcla con la señal de RF, la cual es enviada entonces al PA.

Tarjeta digital: La frecuencia intermedia del receptor se envía al DSP en donde se demodula la señal y se envía a la tarjeta interfaz. El audio recibido del micrófono al transmitir se envía a través del DSP a los circuitos de RF del excitador.

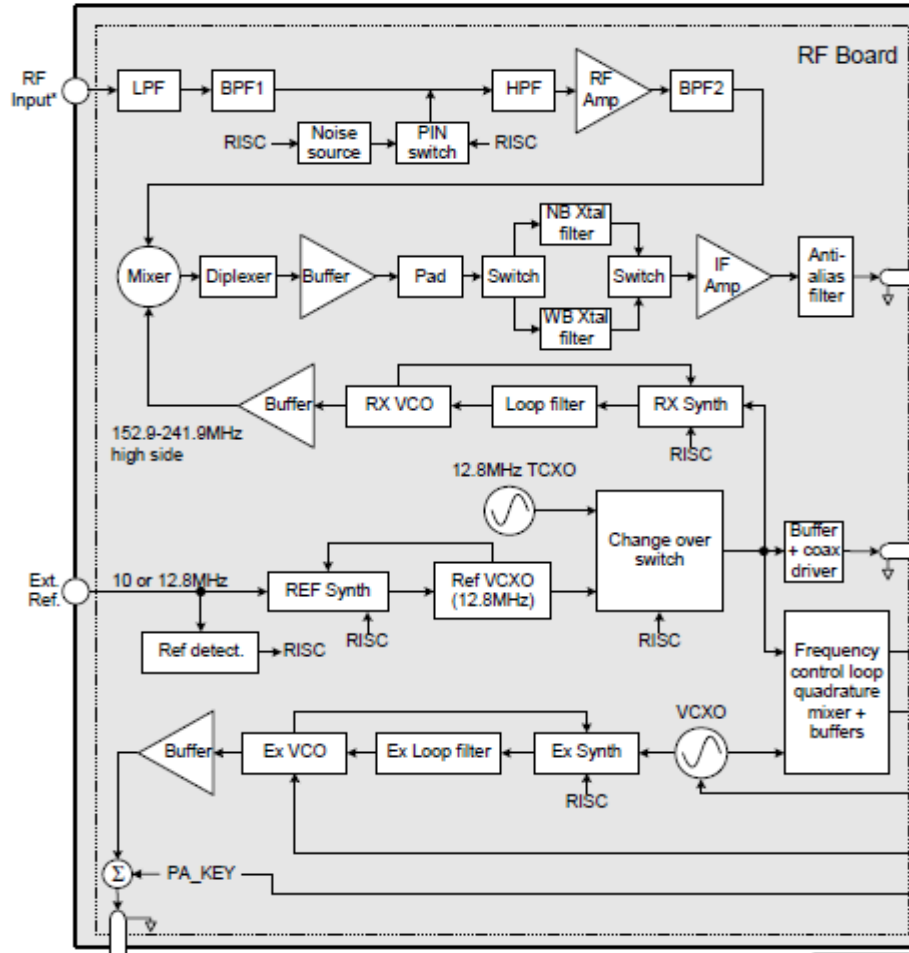


Figura 45. Diagrama de bloques de la tarjeta RF del recitador. (Archivos propios CellnexTelecom. Manual TAIT810)

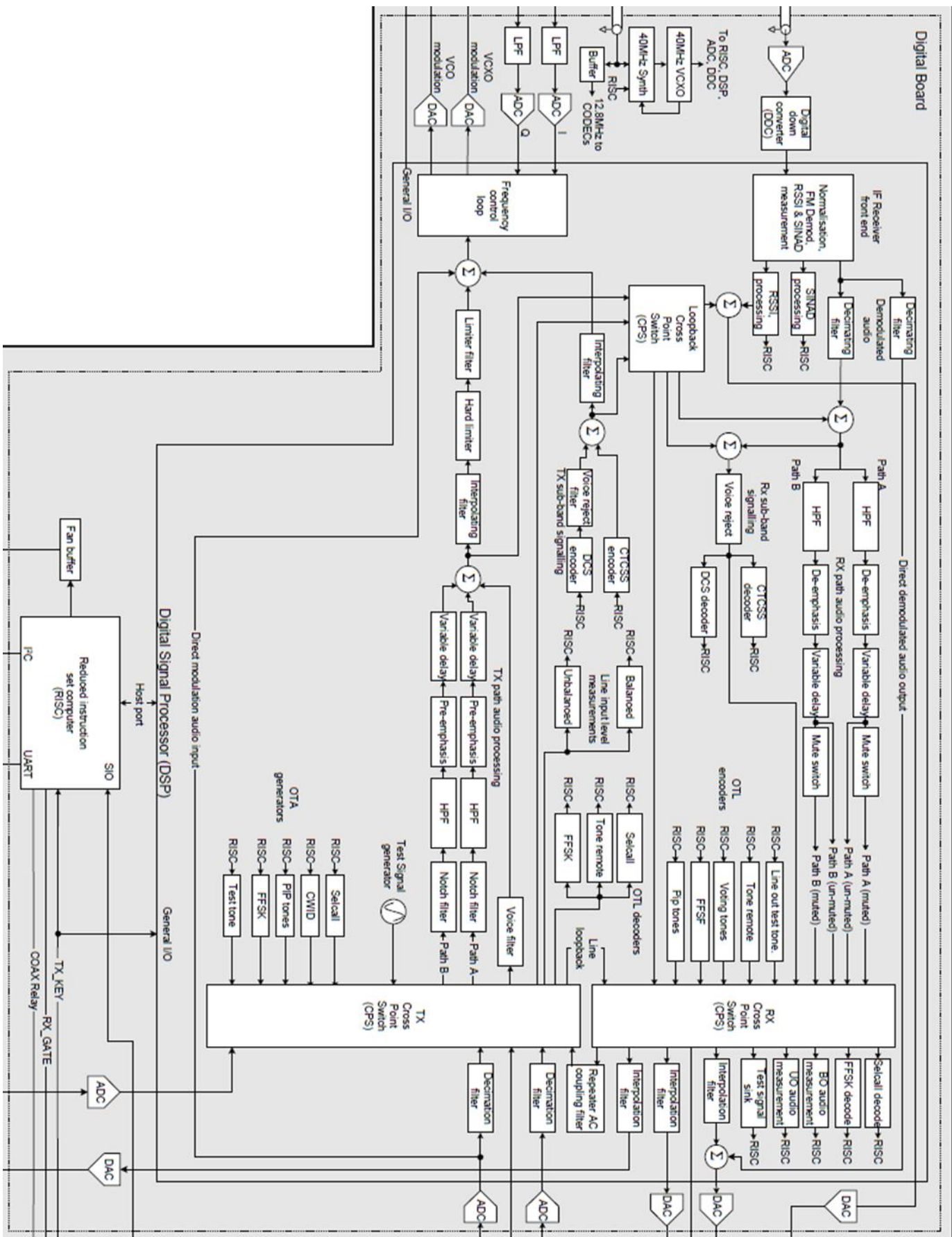


Figura 46. Diagrama de Bloques de la tarjeta digital. (Archivos Cellnex Telecom. Manual TAIT8100)

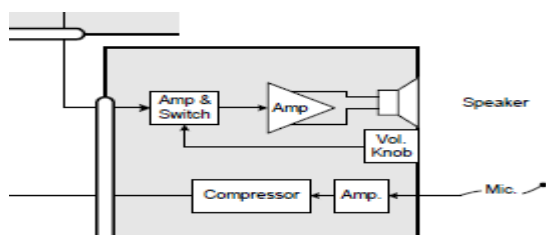
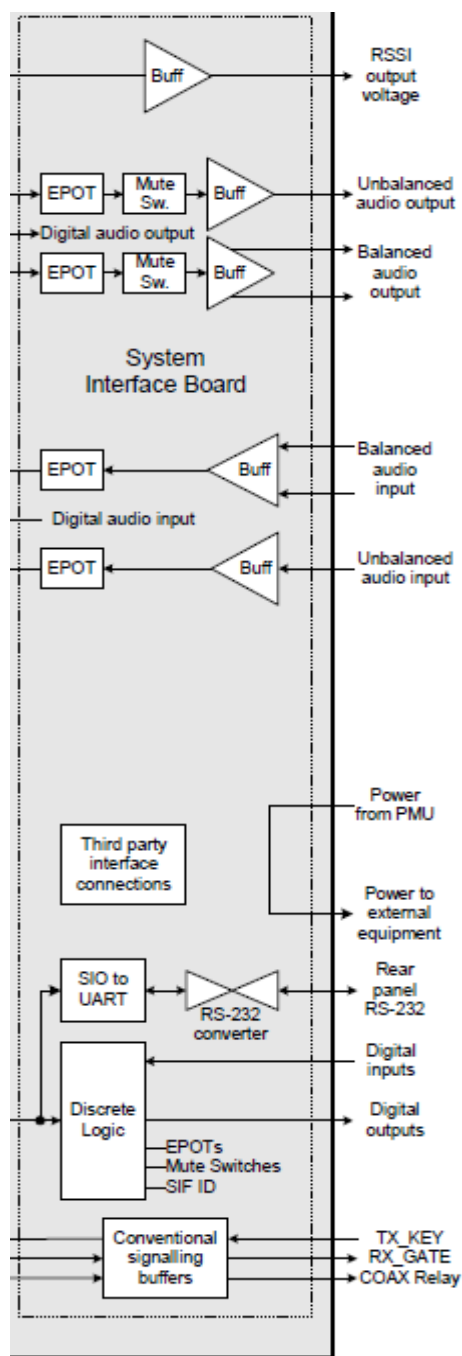


Figura 47 y 48. Diagrama de bloques de la tarjeta interfaz del recitador con salida de altavoz y entrada de micrófono. (Archivos propios CellnexTelecom. Manual TAIT8100).

Alimentación del recitador: El recitador funciona a partir de una alimentación de +28V de corriente continua (nominal). La alimentación se envía a dos suministros separados: uno en la tarjeta de RF y otro en la tarjeta digital. La alimentación de la tarjeta de RF también alimenta algunos de los circuitos de la tarjeta de interfaz del sistema.

La alimentación de la tarjeta de RF proporciona suministros regulados de 5,3V y 8,5V. Este suministro de 5,3V es potenciado a 23V y también proporciona un suministro regulado de 3,3V. La alimentación de la tarjeta digital proporciona suministros regulados de 3,3V y 5,3V. También se alimenta para proporcionar un suministro de 2,5V.

Tarjeta Interfaz: Se puede instalar en el recitador una tarjeta de interfaz del sistema opcional que ofrece los vínculos entre los circuitos internos del recitador y el equipo externo. Los circuitos de la tarjeta de interfaz del sistema proporcionan un procesamiento de señal adicional, de manera que las salidas cumplan con los requisitos de sistema estándar. Hay disponibles varios tipos distintos de tarjeta de interfaz del sistema, pero sólo se puede instalar una tarjeta por vez en un recitador. Cada tarjeta de interfaz del sistema puede identificarse a sí misma frente a los circuitos de control del recitador.

- c) **Amplificador de potencia:** El PA de la estación base TB8100 tiene un diseño modular con los circuitos divididos entre varias tarjetas separadas que se ensamblan en diferentes configuraciones según los diferentes modelos. Las tarjetas de interconexión se usan en ciertos modelos para conectar tarjetas que se encuentren físicamente separadas en los alerones de disipación de calor. Los PA de 5W, 50W y 100W funcionan con 28V de CC, mientras que los PA de 5W y 50W también pueden operar con 12V de CC.

El PA detecta y se activa en función de la señal de CC, amplificando la señal de entrada de +11dBm del recitador para generar potencia de salida de RF final, la cual es determinada por la configuración de potencia de salida del canal actual. La señal de salida RF amplificada es entonces procesada mediante un filtro de armónicos y un acoplador direccional. Este último proporciona información sobre el nivel de potencia al PA.

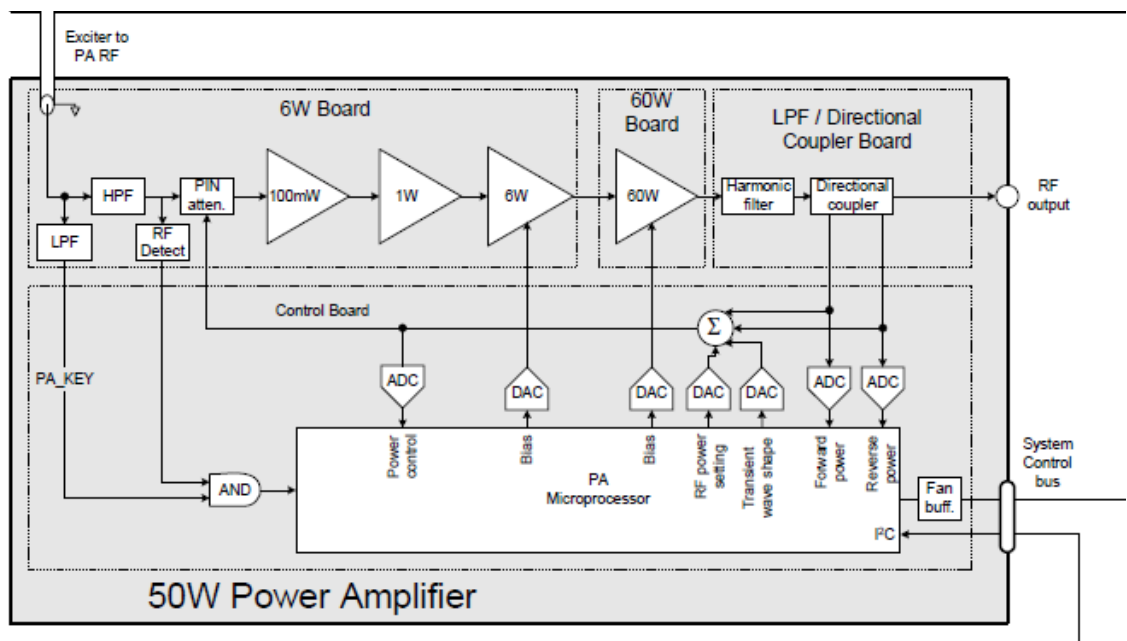


Figura 49. Diagrama de bloques PA. Archivos propios CellnexTelecom. (Manual TAIT8100).

4.2.4 Configuración Radio de Onda Media (MF).

El equipamiento de onda media en una costera de España se divide en dos, por una parte tenemos el transmisor y por otra parte tenemos el receptor. Ambos están situados en distintos puntos para así evitar acoplamiento e interferencias. Por ejemplo, aquí en Canarias, la estación costera que cubre canarias occidental tiene el transmisor en Fuen-caliente, La Palma y el receptor se encuentra Pico del Inglés en Tenerife.

Las estaciones transmisoras están dotadas de dos transmisores. El primero de ellos tendrá el canal LLSD (2.187,5 KHz) o bien el canal de radiotelefonía (2.182 KHz) y el otro transmisor tendrá el canal de trabajo o reserva, pudiéndose sintonizar cualquiera de los otros canales en caso de fallo del primero.

Por otro lado los emplazamientos destinados a la escucha estarán dotados de 3 canales receptores. A diferencia de la configuración VHF, en MF se tienen tres configuraciones diferentes. Esto se debe a la elección de Cellnex Telecom de separar, como se ha comentado anteriormente, en centros diferentes los sistemas de transmisión de los de recepción.

Por tanto, las tres posibles configuraciones serán:

- En un emplazamiento se encuentra una antena de transmisión con las frecuencias de llamada selectiva y de trabajo (que también actuará de reserva) combinados.

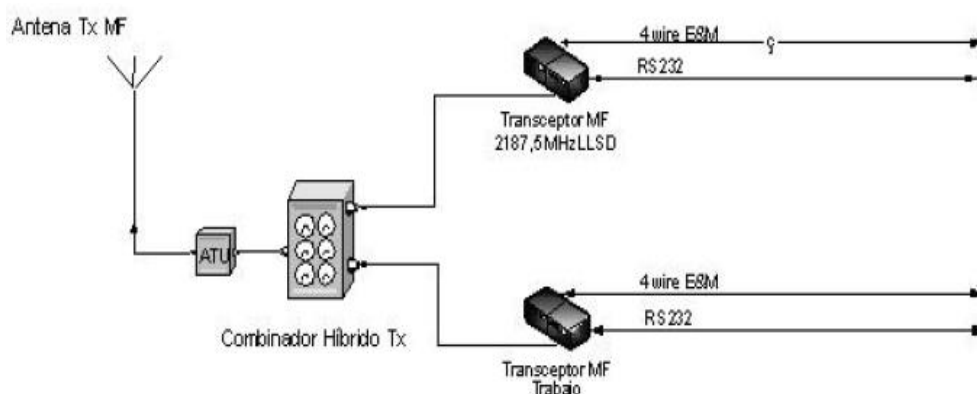


Figura 50. Emplazamiento con llamada selectiva y trabajo. (Instalación equipos VHF de la DGMM).

- En otro centro se encuentra la misma configuración pero con la frecuencia de radiotelefonía combinado con el de trabajo.

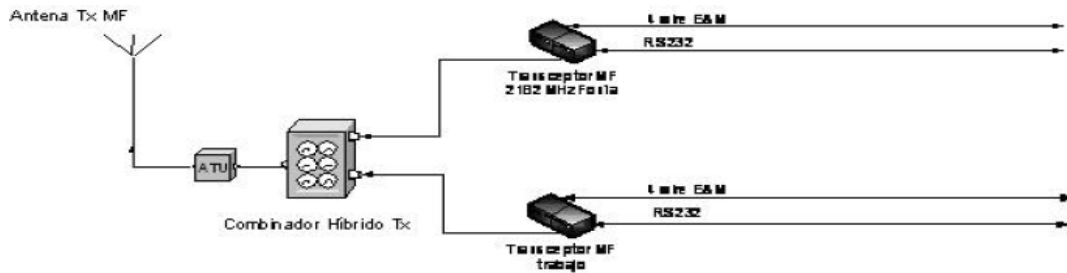


Figura 51. Emplazamiento con frecuencia de socorro en fonía y trabajo. (Instalación equipos VHF de la DGMM).

- En otro centro se encuentran los receptores de las diferentes frecuencias mediante una única antena y un multiacoplador.

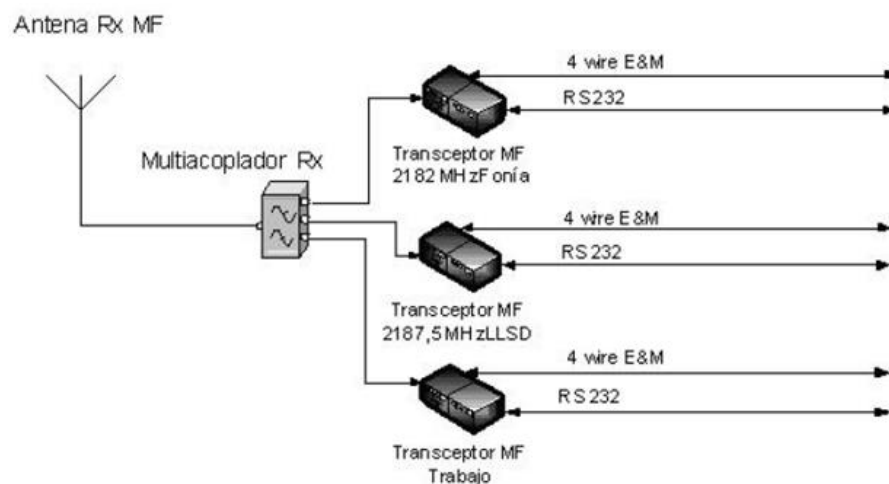


Figura 52. (Emplazamiento con diferentes frecuencias. Instalación equipos VHF de la DGMM).

Para la transmisión en MF se han definido dos tipos de centros. Por un lado habrá centros con un transmisor configurado con la frecuencia de LLSD más un segundo transmisor con la frecuencia de trabajo o reserva. Por otro lado habrá centros con un transmisor configurado con la frecuencia de fonía más un segundo transmisor con la frecuencia de reserva.

De esta manera, para dar cobertura a una zona determinada utilizamos dos centros: uno con la frecuencia de LLSD y otro con la frecuencia de fonía. Con esta configuración y gracias a la posibilidad de sintonizar remotamente los equipos el sistema dispone de una redundancia superior tanto en cobertura como en canales radio.

Todo ello también para que en centros distintos y con una separación suficiente respecto a los centros de transmisión se puedan eliminar posibles problemas de bloqueo.

4.2.4.1. Equipamiento de una estación de MF.

- **Transceptor:** MF Transceptor G2900L. Se utilizará este producto de Rhode & Schwartz sólo para la transmisión de MF. Las características más destacables son: rango de frecuencias de trabajo de 1,5 MHz a 30 MHz, potencia máxima de 1KW, disponibilidad de control/gestión remota tanto local como remotamente a través de cable serie. La potencia teórica de salida es de 1kw, aunque la real es de unos 800W.



Transceptor G2900L Rhode & Schwartz

Figura 53. Transceptor Rhode and Schwartz. (Elaboración propia).

- **Receptor:** MF Receiver EK895. Este receptor de Rhode & Schwartz está diseñado para las comunicaciones radio en el rango de 10 kHz a los 30 MHz, la monitorización local y remota.



Figura 54. Receptor Rhode and Schwartz. (Manual EK895).

Block diagram of the R&S® EK895/R&S® EK896 digital VLF-HF receivers

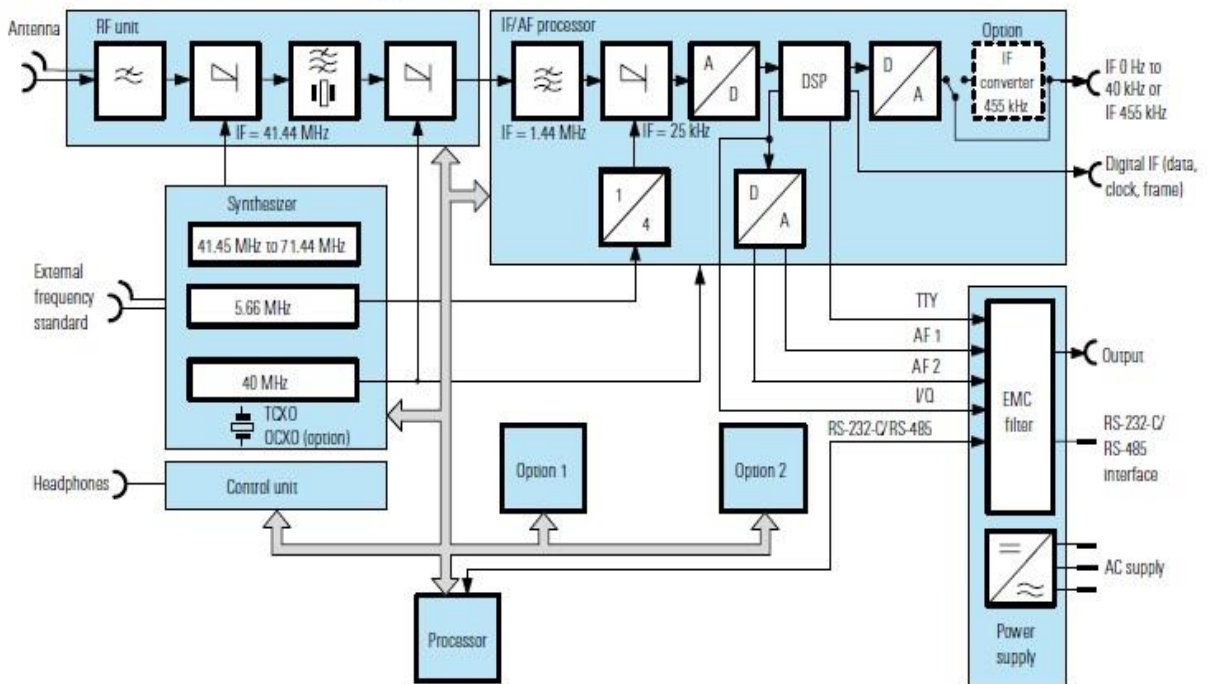


Figura 55. Diagrama de bloques del receptor EK895. (Archivos propios Cellnex Telecom. Manual EK895).

De este receptor se va a mostrar su diagrama de bloques y a explicar cómo se procesa la señal desde que entra por la antena hasta que sale por el altavoz, pasando por los diferentes bloques.

La señal que entra por la antena pasa por un filtro de paso bajo el cual atenúa las altas frecuencias y permite el paso de las bajas. Esta señal ya filtrada, se aplica ahora a un mezclador en donde tenemos la radio frecuencia de la antena filtrada y la que proviene del sintetizador. Al sintetizador se le introduce una frecuencia externa.

Por lo tanto, en el mezclador vamos a tener la primera frecuencia intermedia IF que equivale a 41.44 MHz. A continuación, el filtro de cristal determina el ancho de banda y pasa a otro mezclador al cual se le introduce una frecuencia de 40 MHz. Ahora vamos a obtener la segunda frecuencia intermedia de 1.44 MHz.

La señal pasa ahora a la etapa del procesador de frecuencia intermedia y frecuencia analógica, aquí se obtiene una tercera frecuencia como resultado de la mezcla entre la segunda frecuencia y la de 5.66 MHz. que será de 25 MHz. antes de entrar en el procesador DSP, se digitaliza en un convertidor de Analógico/ Digital. En el procesador de llevan a cabo las siguientes funciones:

- 1- El control automático, remoto o manual.
- 2- Medida de los niveles de la señal.
- 3- La demodulación.
- 4- Squel.

Como podemos ver después de la salida del procesador la señal sale hacia dos convertidores de digital a analógico o directamente a los filtros antes de salir por el altavoz, output.

- **Combinador híbrido:** El combinador híbrido de cavidades propuesto es Procom con capacidad de combinar hasta 6 canales hacia una sola antena garantizando, gracias a su diseño, unas pérdidas de inserción mínimas. Además al mismo tiempo que es capaz de mantener independencia entre las distintas frecuencias también introduce un gran aislamiento entre las dos transmisiones Tx-Tx para minimizar la intermodulación antes de la amplificación final.
- **Multiacoplador:** Al igual que el combinador, el multiacoplador también pertenece al fabricante Procom y será capaz de conectar las 6 entradas de recepción a la antena. Es un dispositivo activo que asegura una gran sensibilidad de recepción al mismo tiempo que introduce un nivel de ruido reducido. Otra característica importante es que debido a ser un componente activo no introduce pérdidas de inserción y eso es muy importante a la hora de asegurar una óptima recepción.
- **Input Filter Unit R&S FK2900 (ATU):** Este dispositivo es necesario para asegurar la recepción intacta en un entorno donde exista la posibilidad de interferencias. En este caso, las frecuencias no deseadas son suprimidas con este módulo de filtros que comprende filtro paso bajo, filtro paso banda y ocho filtros sub-octava que se activan automáticamente con las frecuencias recibidas.

4.3. AIS (Automatic Identification System)

4.3.1 Introducción.

El AIS o Sistema de Identificación Automático es un sistema que permite la identificación y seguimiento de buques, de forma automática, desde otros buques, aeronaves o estaciones costeras. Este sistema fue concebido con el objetivo de mejorar la seguridad y eficiencia en la navegación, contribuyendo con ello a reforzar la seguridad de la vida humana en el mar y a la protección del medio ambiente.

Hoy día, sus aplicaciones han excedido con creces las expectativas iniciales convirtiéndose, además, en una valiosa herramienta de gestión con múltiples aplicaciones que van desde la seguridad a la explotación portuaria, la gestión de flotas o la investigación, así como en un nuevo elemento de ayuda a la navegación.

El AIS se ha revelado como un sistema con un gran potencial que aún no ha sido explotado en su totalidad. El sistema se basa en un dispositivo instalado a bordo de los buques que transmite, de forma continua y automática, información que permite al resto de buques existentes en la zona o a estaciones situadas en tierra, identificarlo y conocer su situación y demás parámetros de movimiento.

Teniendo esto en cuenta, el sistema AIS puede dividirse en dos ámbitos: modo buque-buque con la función principal de dispositivo anticolidión, y en modo buque-tierra o tierra-buque, con la función de seguimiento y control del tráfico marítimo de la zona, así como generador de información de ayuda a la navegación y obtención de información sobre los buques en la zona.

El AIS ha sido desarrollado bajo el auspicio de la OMI, y su instalación y utilización en los buques es obligatoria desde el 31 de diciembre de 2004. Según se establece en la regla 19 del capítulo V del Convenio SOLAS, están obligados a incorporar estos dispositivos todos los buques en viaje internacional con un arqueo bruto (GT) superior o igual a 300, todos los buques en viaje no internacional con arqueo bruto (GT) superior o igual a 500 y todos los de pasajeros independientemente de su tamaño.



Figura 56. Monitor AIS clase A.

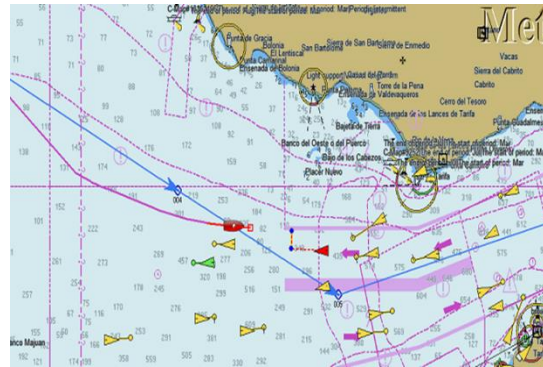


Figura 57. Monitor AIS costera. (Elaboración propia).

4.3.2 Descripción del Sistema.

El AIS es un sistema abierto, lo que significa que las emisiones no están codificadas y pueden ser recibidas por cualquier equipo que cumpla las especificaciones del sistema. Utiliza únicamente dos canales de radio específicos de la banda VHF. Estos son el canal AIS1, correspondiente al canal 87B de VHF (frecuencia 161,975 MHz) y el canal AIS2 correspondiente al canal 88B de VHF (frecuencia 162,025 MHz).

Puesto que todos los transpondedores utilizan las mismas dos frecuencias, para permitir la comunicación y evitar interferencias, todos ellos se organizan en un esquema de compartición de tiempo denominado SOTDMA (Self Organized Time Division Multiple Access).

El alcance de las emisiones es similar a la de cualquier otro sistema que funcione en la banda VHF. Éste depende en gran medida de la altura de las antenas emisora y receptora, así como de las condiciones de propagación. En mar abierto, puede considerarse un alcance típico de entre 20 y 30 millas. Por otro lado, estas emisiones tienen cierta capacidad de sortear obstáculos por lo que dos buques pueden conectarse mutuamente incluso sin tener visibilidad directa.

4.3.3 Tipos de Transponder.

Existen varios tipos de equipos AIS, según se establece en la especificación ITU-R M.1371-1.

- **Clase A**

Es el equipo móvil de abordado establecido para los buques tipo SOLAS que cumplen todos los requisitos establecidos por la OMI.

- **Clase B**

Es un equipo de abordado más simple que el anterior, que no cumple todos los requisitos establecidos por la OMI, destinado a los buques para los que no es obligatorio el de clase A.

La información que es capaz de emitir es menor.

- **Estación base Terrestre**

Equipo especialmente diseñado para su instalación como estación terrestre dotado de varias funciones especiales y que permite la emisión de información adicional de interés para la navegación como mensajes de texto, información océano-meteorológica, posición de otros barcos, etc.

- **Aeronaves de búsqueda y rescate**

Equipo móvil de abordado especial para aviones de búsqueda y rescate.

- **Ayuda a la Navegación**

Equipo diseñado para ser instalado en una ayuda a la navegación que emite información sobre dicha ayuda, tanto de identificación como de su estado de funcionamiento.

4.2.4 Datos transmitidos por el sistema AIS desde un barco.

Los equipos AIS de clase A emiten los mensajes de tipo 1, 2 o 3 con una periodicidad de entre 2 y 10 segundos cuando están navegando, dependiendo de la velocidad y de la maniobra que realiza el buque, y de 3 minutos cuando están parados. Estos mensajes contienen los datos relativos a la posición y estado de movimiento del buque.

El mensaje tipo 5 se emite cada 6 minutos y contiene la información estática y la relativa al viaje.

La información emitida es la siguiente:

- **Información estática:** información permanente que se introduce cuando se instala el equipo y que normalmente no es necesario actualizar (MMSI, número OMI, distintivo de llamada, nombre, tupo de buque, dimensiones y posición de la antena GNSS).
- **Información dinámica:** información proveniente de diversos sensores y equipos de abordaje que se actualiza automáticamente y otra información sobre el estado de navegación que es actualizada de forma manual por la tripulación (posición, rumbo, COG, SOG, relación de giro, estado de navegación).
- **Información del viaje:** información relativa al viaje que es actualizada manualmente por la tripulación en cada viaje (puerto de destino, fecha y hora de llegada, calado actual, tipo de carga).
- **Mensajes de texto y relacionados con la seguridad.**

4.2.5 Concepto SOTDMA.

El método de funcionamiento en el que cada estación utiliza un segmento de tiempo definido para sus transmisiones se denomina acceso múltiple auto organizado por distribución en el tiempo, SOTDMA. Los segmentos de tiempo para las transmisiones AIS se sincronizan exactamente con el Tiempo Universal Coordinado, UTC.

Los sistemas mundiales de navegación por satélite sirven para proporcionar a cada estación el UTC exacto. Cada minuto UTC se divide en 2250 slots o segmentos idénticos, que permiten realizar 2250 transmisiones de paquetes de datos por minuto en cada canal.

Todos los buques suelen transmitir de promedio una vez cada 6 segundos, es decir, 10 veces por minuto, aunque la frecuencia real de transmisión varía en función de los diferentes datos.

Si éstas fueran las únicas transmisiones, un sistema ideal podría soportar $2250 \cdot 2/10 = 450$ estaciones en una zona cualquiera. El factor 2 corresponde al uso de los dos canales AIS1 y AIS2.

Por tanto, la capacidad teórica del sistema es de 450 estaciones en una zona cualquiera. Esta simplificación se usa para determinar la gran capacidad de transmisión de datos de forma continua entre un elevado número de estaciones ocupando el mínimo espectro de frecuencias posible.

Cada estación tiene su propia zona efectiva, limitada normalmente al alcance de las transmisiones en ondas decamétricas (VHF). Este alcance oscila entre 20 y 30 millas, aunque puede ser mayor y varía según diversos factores.

Cada estación AIS determina sus segmentos de transmisión escuchando el tráfico existente en la zona y eligiendo los segmentos que quedan libres. A continuación el sistema recurre a una serie de algoritmos establecidos para seleccionar los segmentos más adecuados. Este método de selección de los segmentos de transmisión se denomina acceso múltiple auto organizado por distribución en el tiempo SOTDMA.

Utilizando los recursos del SOTDMA con las propiedades propias del sistema de radio de ondas métricas y frecuencia modulada, tiene la capacidad interna de degradarse progresivamente a medida que aumenta el número de estaciones que utilizan el sistema. Esto significa que el número de contactos alrededor de un determinado buque aumenta o disminuye en función de la densidad del tráfico local, con lo cual se consigue que los buques más próximos permanezcan en contacto, incluso cuando la sobrecarga de la estación afecta al rendimiento del sistema.

Por tanto, a medida que el número de estaciones AIS dentro del área de cobertura de recepción excede de la capacidad del sistema, la tecnología SOTDMA asegura el funcionamiento del mismo, rechazando las transmisiones de las estaciones AIS más alejadas y dando prioridad a las más próximas.

Gracias al protocolo de comunicaciones SOTDMA debido a que utiliza las fracciones temporales disponibles para transmisión y recepción de datos, el número de usuarios que pueden comunicarse simultáneamente y sin interferirse es prácticamente ilimitado.

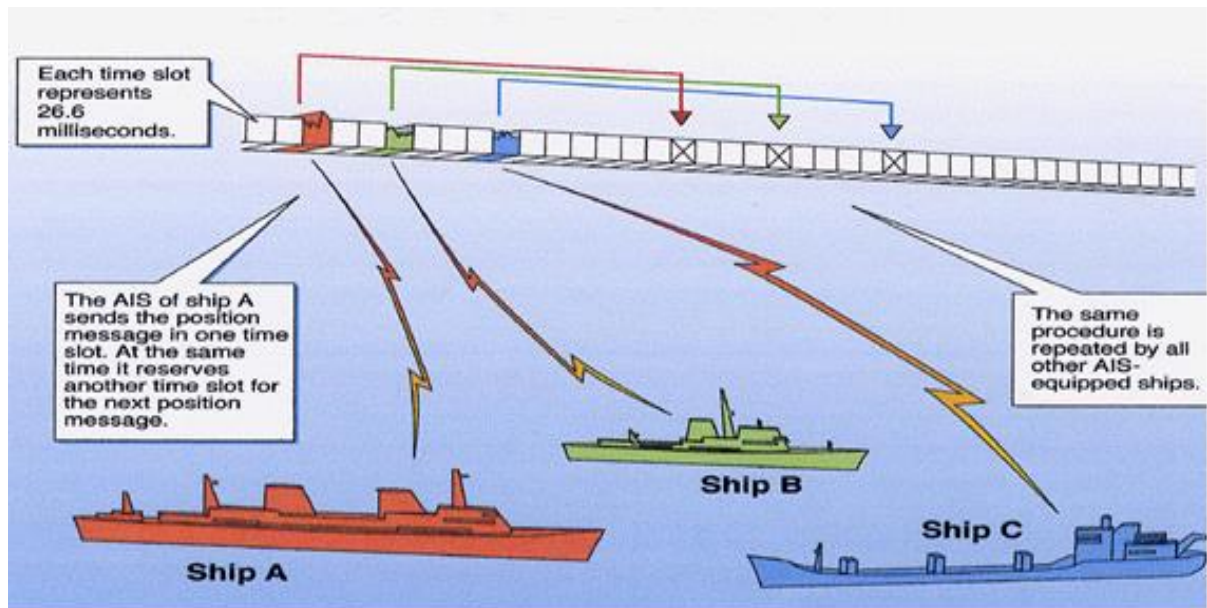


Figura 58. División de tiempos SOTDMA. (AIS Teoría y Práctica, sistema de navegación y seguridad, Autor Rüdiger Hirche).

4.2.6 Duración de la trama y slots.

Los sistemas TDMA dividen el canal de comunicaciones en fracciones de tiempo, definiendo en primer lugar una trama. La trama SOTDMA tiene una longitud de un minuto de duración. El comienzo de cada trama puede ser diferente entre estaciones, pero todas las estaciones tratan de conseguir coordinar el comienzo de la trama en función del tiempo UTC.

La trama es a su vez dividida en slots de tiempo. El slot de comienzo debe de ser el mismo para todas las estaciones participantes.

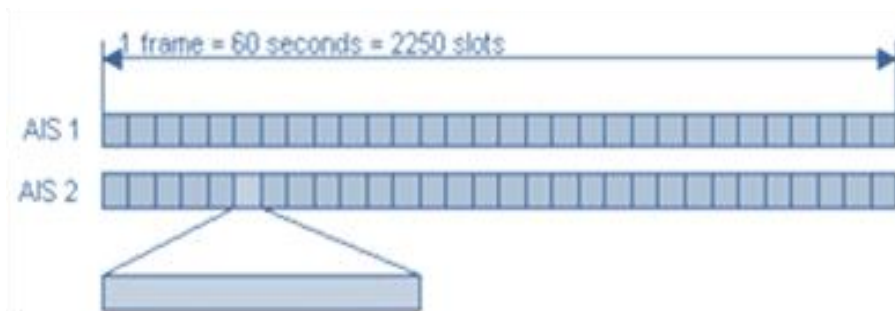


Figura 59. Trama dividida en slots. (AIS Teoría y Práctica, sistema de navegación y seguridad, Autor Rüdiger Hirche).

4.2.7 Fases del proceso.

1- Fase de inicialización

Se produce cada vez que se enciende una estación y dura un minuto. La estación monitoriza el canal de enlace para determinar su actividad e identificar las otras estaciones participantes y los slots ya asignados.

2- Fase de entrada en la red

La estación seleccionará su primer slot de transmisión y se preparará para hacerse visible en el enlace de datos.

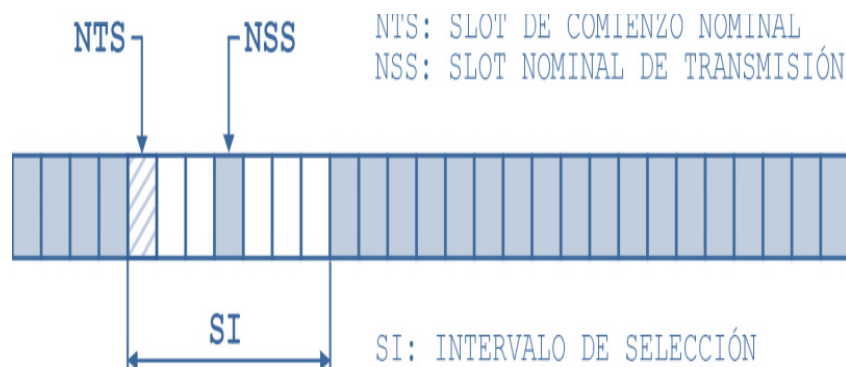


Figura 60. Fase de entrada en la red. (AIS Teoría y Práctica, sistema de navegación y seguridad, Autor Rüdiger Hirche).

3- Fase de la primera trama

Durante esta fase la estación se encuentra continuamente localizando sus slots NTS y transmitiendo sus posiciones. Una vez que se alcanza el primer NTS, un nuevo NS y un nuevo NTS son seleccionados para las próximas transmisiones. Este proceso es continuado hasta que ha pasado un minuto desde que se alcanza el primer NSS.

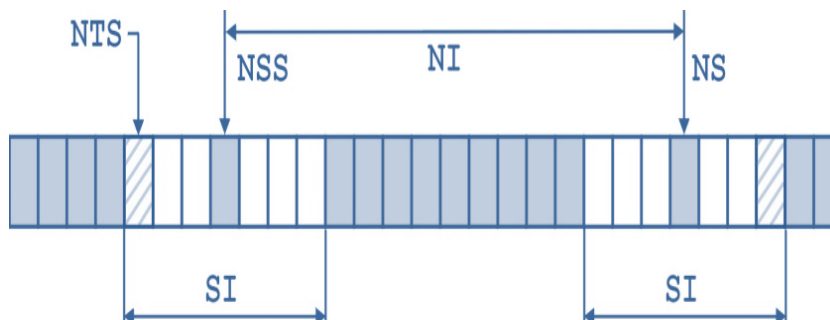


Figura 61. Fase de la primera trama. (AIS Teoría y Práctica, sistema de navegación y seguridad, Autor Rüdiger Hirche).

NSS: Slot de comienzo nominal.

NTS: Slot nominal de transmisión.

SI: Intervalo de selección.

NI: Incremento nominal.

NS: Slot nominal nuevo.

4- Fase de operación continua

La estación realiza sus transmisiones en los slots asignados NTS e inicia la cuenta atrás que indica los minutos que el slot va a ser ocupado. Al alcanzar cero, un nuevo NTS es seleccionado dentro del intervalo SI. Esta fase se mantiene hasta que se apaga el sistema o se cambie al modo asignado.

4.2.8 Organización del sistema cuando hay una carga elevada de datos.

1- Zona Alohe

Cualquier estación ubicada en el interior de esta zona que intente reutilizar el mismo slot provocará la anulación de la misma en la estación receptora.

2- Zona de discriminación

En el interior de esta zona todas las transmisiones que se realicen mediante slots reutilizados pueden producir anulación o discriminación.

3- Zona de protección

En esta zona todas las estaciones se encuentran organizadas de acuerdo al algoritmo SOTDMA.

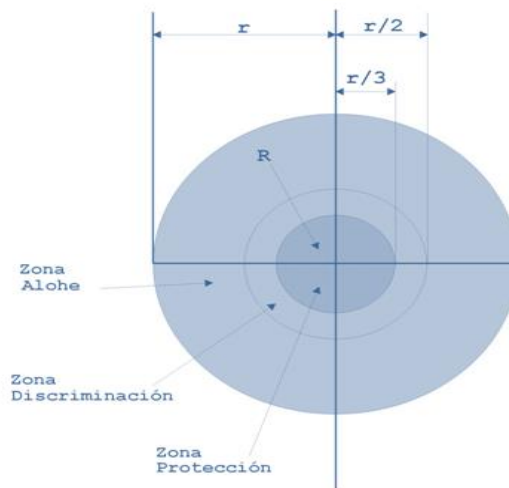


Figura 62. Organización del sistema cuando hay una carga elevada de datos. (AIS Teoría y Práctica, sistema de navegación y seguridad, Autor Rüdiger Hirche).

4.2.9 Modos de Trabajo del AIS.

El AIS tiene tres modos de funcionamiento: de buque a buque, para evitar colisiones; de buque a autoridades competentes en la zona, para que éstas puedan disponer de información sobre el buque y su carga y de buque a centro de control, integrado con un sistema de gestión de tráfico.

- Datos buque a buque:

Es el modo de operación primario del AIS, en el que cada buque transmite sus datos a todos los buques cercanos que dispongan de AIS en un canal VHF. La posición del buque y otros datos pasan automáticamente de los sensores al sistema AIS, donde son codificados y transmitidos por un canal VHF. Cuando son recibidos por otros buques, los datos son decodificados y su presentación puede ser en formato gráfico o texto. Los datos AIS se pueden visualizar en los sistemas de navegación integrados y los sistemas de radar, mediante etiquetas en las distintas señales. Asimismo, los datos de AIS pueden ser almacenados en el Voyage Data Recorder para su posterior análisis. Los mensajes AIS son actualizados y transmitidos cada pocos segundos. Además, hay que tener en cuenta que este intercambio de información se produce de forma automática.

- Vigilancia Costera:

En aguas costeras, las autoridades pertinentes pueden disponer de estaciones AIS para controlar el movimiento de buques en el área. Así, podrán conocer datos como destino, tipo de carga transportada, etc. Además, estas estaciones en tierra pueden usar los canales AIS para transmitir información acerca de corrientes, partes meteorológicas, etc. Las autoridades pueden utilizar el sistema

AIS para controlar el movimiento de cargas peligrosas y las operaciones pesqueras en sus aguas. El sistema también puede ser útil en operaciones de rescate, permitiendo controlar los movimientos de los buques, aviones y helicópteros involucrados en la tarea de salvamento.

4.2.10 Requisitos Funcionales y Aplicaciones AIS.

Según establece la Organización Marítima Internacional (OMI) en el Convenio SOLAS, el propósito del AIS debe ser:

- Proporcionar información de forma automática a las estaciones en tierra, a otros buques y aeronaves que estén debidamente equipados, incluyendo la identificación del buque y su tipo, la posición, el rumbo, la velocidad, el estado de navegación y otra información relativa a la seguridad.
- Recibir automáticamente la información anterior procedente de los otros buques.
- Monitorizar y realizar el seguimiento de los buques.
- Intercambiar datos con las estaciones situadas en tierra.

Los requisitos fijados por la OMI para el AIS establecen que:

- El AIS debe mejorar la seguridad de la navegación, contribuyendo a una navegación más eficiente de los buques, a la protección del medio ambiente y a la operación de los Servicios de tráfico de Buques (VTS), cumpliendo los siguientes requisitos funcionales:
 - En modo buque-buque, como dispositivo anticolidión.
 - Como un medio a disposición de los Estados costeros para obtener información sobre los buques y su carga.
 - Como una herramienta de VTS, para la gestión del tráfico de buques.
- El AIS debe ser capaz de proporcionar a otros barcos y a las autoridades competentes, información de barco, automáticamente y con la precisión y frecuencia establecida para facilitar su seguimiento preciso. La transmisión de los datos debe realizarse con la intervención humana mínima necesaria y con un alto grado de disponibilidad.
- Su instalación debe cumplir con los requisitos establecidos por las Recomendaciones ITU-R, la resolución A694 (17) y la recomendación A124 de la IALA.

Por otro lado, además de la transmisión de datos en los modos buque-buque, buque-tierra y tierra-buque, el AIS se define como un sistema que puede ser usado como, una Ayuda a la Navegación marítima, cumpliendo con los siguientes objetivos:

- Proporcionar la posición real de ayudas flotantes (boyas, por ejemplo) transmitiendo e informando a los buques de su posición precisa, incluso corregida con DGNSS.
- Informar a los buques del estado de funcionamiento de las ayudas reales.
- Emitir correcciones DGNSS.
- Complementar o reemplazar la información de las balizas de radar (RACON).
- Transmitir a los buques información meteorológica y oceanográfica.
- Marcar y delimitar rutas y vías de navegación o zonas de navegación restringida (DST, reservas marinas, etc.) y proporcionar la capacidad de realizar el control automático de la navegación en dichas zonas.
- Señalizar estructuras marinas (plataformas petrolíferas, parques eólicos, cultivos marinos, etc)
- Una herramienta de gestión para los servicios proveedores de Ayudas a la Navegación:
 - 1- Permitiendo la monitorización y, posiblemente en el futuro, el control remoto de las ayudas a la navegación.
 - 2- Permitiendo la localización de ayudas flotantes a la deriva.
 - 3- Permitiendo la identificación de buques que abordan ayudas flotantes causándoles graves a verías.

4.2.11 Usuarios del sistema AIS.

Los principales usuarios de los servicios proporcionados por el AIS:

- Todos los buques que establece la regla 19 del Capítulo V del SOLAS.
- Administración Marítima, operación de VTS, etc.
- Autoridades Portuarias, operación de VTMIS, buques auxiliares y de servicio en los puertos, etc.
- Buques involucrados en las operaciones SAR.
- Faros, balizas y boyas (como ayuda a la navegación).
- Embarcaciones de recreo, pesqueros, embarcaciones auxiliares (remolcadores, barcasas, etc.) no obligados por el Convenio SOLAS y siempre que las autoridades nacionales así lo establezcan de acuerdo con las reglas 1 a 4 del Capítulo V del SOLAS.

4.3 Glosario de términos y abreviaturas.

A

AC: Corriente Alterna.

AEMET: Agencia Estatal de Meteorología.

AIS: Automatic Identification System. Sistema Identificación Automática.

AOR-E: Atlantic Ocean Region East.

AOR-W: Atlantic Ocean Region West.

AT: Aviso de Temporal.

B

Balun. Proviene de la palabra 'BALanced to UNbalanced' y básicamente es un transformador con dos bobinados bien acoplados.

Banda X: Parte del espectro electromagnético que va desde los 8.2 a los 12.4 GHz.

BNC: conectores para cables coaxiales.

C

CCR: Centro de Comunicaciones Radiomárítimas.

CCS: Centros de Coordinación de Salvamento.

CNCS: Centro Nacional de Coordinación de Salvamento.

COSPAS-SARSAT: Sistema Espacial para la Búsqueda de buques en peligro.

CTU: Unidad de calibración.

CW: Continuous Wave. Onda Continua

D

dBd: medida de la ganancia de potencia de la unidad.

dBm: es un dB en referencia a un mWatio.

DC: Corriente Continua.

Demodular: proceso de recuperar información de una señal portadora.

DGMM: Dirección General de la Marina Mercante.

DSC: Digital Selective Call. En español Llamada Selectiva Digital o LLSD

Dúplex: Sistema que puede llevar una comunicación bidireccional.

E

Efecto Doppler: es el cambio de frecuencia aparente de una onda producida por el movimiento relativo de la fuente respecto a su observador.

Enfasamiento: que tengan la misma fase.

G

GMDSS: Global Maritime Distress Safety and Security.

GPS: Global Positioning System.

GT: Gross Tonage. Tonelaje Bruto.

H

HF: High Frequency

Hz. Herzios. Medida de la frecuencia.

I

IF: Intermediate Frequency.

INMARSAT: International Maritime Satellite Organization.

IOR: Indian Ocean Region.

L

LGT: Ley General de Telecomunicaciones.

M

MF: Medium Frequency.

MMSI: Maritime Mobile Service Identity.

Modular: proceso de variar una característica de una señal portadora.

MSI: Maritime Safety Information.

N

Navetex: Navigational Telex.

NX: Aviso a los Navegantes.

O

OC: Onda Corta.

OM: Onda Media.

OMI: Organización Marítima Internacional.

P

PA: Power Amplifier.

PAB: Persona A Bordo.

Pérdida de inserción: son pérdidas de potencia de la señal.

PMU: Unidad de Alimentación.

POR: Pacific Ocean Region.

R

RF: Radio Frecuencia.

S

SART: Search And Rescue Transponder.

Símplex: Sistema que puede llevar una comunicación unidireccional.

Slots: particiones de tiempo.

SM: Salvamento Marítimo.

SMSSM: Sistema Mundial de Socorro y Seguridad Marítima.

SOLAS: Security Of Life At Sea. Convenio internacional

SOS: Señal de Socorro. Proviene de Save Our Ship.

SOTDMA: Self Organized Time Division Multiple Access.

Squel: medidor de la sensibilidad de un equipo.

T

Transceptor: Dispositivo que es capaz de transmitir y recibir una señal.

TSH: Telegrafía Sin Hilos.

TTT: Mensaje de Seguridad.

U

UHF: Ultra High Frequency.

UTC: Universal Time Coordination.

V

VHF: Very High Frequency.

W

WX: Boletín Meteorológico.

X

XXX: Mensaje de Urgencia.

Parte V
Conclusión y Bibliografía

5.1 Conclusión.

Con la realización de este trabajo fin de grado, he intentado acercar a los lectores el objetivo y la importancia que tienen las estaciones costeras terrestres actualmente, cómo están estructuradas y el equipamiento que disponen. Como conclusión podríamos llegar a lo siguiente:

- Este sector de radio comunicaciones marítimas ha evolucionado notablemente con el paso de los años, adaptándose a las nuevas exigencias tecnológicas que rige la Marina Mercante para obtener el servicio.
- Con las estaciones costeras, las zonas que están fuera del alcance de los centros de Salvamento Marítimo quedan cubiertas. Así, si hay alguna emergencia que tenga alguna embarcación puede ser atendida sin ningún problema debido al buen equipamiento que disponen y también gracias al gran personal cualificado que hay.

Como defensa a los Ingenieros Radioelectrónicos en este ámbito:

- Se ha comentado en medios especializados del sector sobre del cierre definitivo de este servicio pero hoy en día, no es factible a corto plazo, ya que mientras que sean empresas privadas las que tengan las infraestructuras y den el servicio, seguirán habiendo Centros Costeros. La entrada de la tecnología digital ha abaratado los costes de equipos, los costes de mantenimiento y de explotación. Por otra parte los CCR constituyen una manera de adquirir experiencia para aquellos alumnos que estudien Ingeniería Radioelectrónica Naval.
- La digitalización de los equipos que acabo de comentar, es un aspecto que recoge una nueva normativa sacada por la ITU en este 2017, en ella hacen referencia a que los nuevos equipos de radio comunicaciones deben digitalizarse, es decir, en unos años, los radio enlaces desaparecerán paulatinamente siendo sustituidos por direcciones IP con el fin de las comunicaciones sean más fiables y menos costosas. Todo ello, tiene también sus desventajas y una muy grande es la afectación de la red por culpa de virus malignos, como el ataque se produjo hace unos meses a muchas empresas del IBEX35.

En definitiva, está muy bien confiar en la tecnología e ir renovándose con el paso del tiempo pero si de ella no se rodea un personal bien cualificado y humano, nada evoluciona.

Conclusion.

I hope that you knew and learnt the radio coastal stations are very important today. How they are structure and their equipment. I have the next conclusions about this end of degree:

- The radio communication systems are growing up strongly about last years.They were adapted by de new technologies that the Spanish Maritime Regulations says.
- No coverage Maritime Rescue Center Coordination areas are covered with the different stations. It is good because if we have any emergency situation, we can resolved it without problem. There are a very qualified personnel and a reliable equipment.

I want defend the radio electronics engineers too:

- This professional sector has been asked over the years but they are continue because the equipment are private and the private enterprise give the Maritime Security and Safety Service. The new technologies are changing and every things is reduced, in spite of this I encourage the radio electronic students going with their degrees because currently, it would be a good and paid profession.
- The new regulation of International Telecommunications 2017 require equipment to be scanned. That regulation will mean a reduction of radio links and an IP directions growing up. It could be a problem because the hackers can damage de systems and the equipment by the networks, so we will need the qualified personnel.

Definitely, the new technology is not anything without the humans.

5.2 Bibliografía.

Comunicaciones náuticas, instalaciones de uso en VHF, BLU, Satélites y GMDSS, Autor Manuel Figueras.

AIS Teoría y Práctica, sistema de navegación y seguridad, Autor Rüdiger Hirche.

Radio comunicaciones 2013. Folleto Ministerio de Fomento. Abertis Telecom.

Radio comunicaciones Cellnex Telecom 2017. Folleto propuesto para Ministerio Fomento.

Procom. Antena DP 2. Características en archivo PDF. Archivo de Cellnex Telecom.

Procom. Colineal CXL 2- 3C. Características en archivo PDF. Archivo de Cellnex Telecom.

Manual TAIT TB8100. Archivos propios de la empresa Cellnex Telecom.

Guía de operaciones radio VHF. Documento privado de Cellnex Telecom.

Guía de instalación de un emplazamiento de Onda Media. Archivo Word perteneciente a Cellnex Telecom.

PDF Rhode and Swcharz EK895. Características funcionales del receptor EK895.

Historytv. *History*, Internet. www.Mx.tuhistory.com.

Navegar es preciso. Internet. <http://www.navegar-es-preciso.com/news>.

Madrid Radio. Internet. <http://madridradio.blogspot.com.es>.

Infonavis. Internet. <http://www.infonavis.com/noticias/servicio-de-comunicaciones-de-socorro-maritimo-6723-nsno.aspx>.

Operador Restringido. Internet PDF. www.juntadeandalucia.es

BOE. Internet. http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-B-2016-63301.

Spinaker D.O.O. Egmdss, Internet. www.egmdss.com.

Azimut Electronics. Internet. www.azimutmarine.es

Salvamento Marítimo. Internet. www.salvamentomaritimo.es

Inmarsat. Maritime Merchant. Internet. www.inmarsat.com

Alavela. Radiocomunicaciones. Internet. www.alavela.com

Antenas. Internet. <http://guiatelecoyantenas.blogspot.com.es/2012/10/parametros-de-una-antena.html>

AIS. Internet. www.lmeridag.wordpress.com; www.books.google.es; www.farodeluisu.es.

