

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA
Y TELECOMUNICACIONES**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERÍA**

**“ESTUDIO Y DEFINICIÓN DE POLÍTICAS PARA LA
INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE
RADIOCOMUNICACIONES Y LOS SERVICIOS RELACIONADOS
EN EL AEROPUERTO MARISCAL SUCRE”**

DANIEL OSWALDO VILLACIS CHONG

Sangolquí – Ecuador

2007

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente proyecto de grado fue realizado por el Sr. Daniel Oswaldo Villacis Chong bajo nuestra dirección.

M.Sc. Rubén D. León V.
DIRECTOR

Ing. Gonzalo F. Olmedo C.
CODIRECTOR

DEDICATORIA

A las personas que han apoyado no solo mis estudios sino mi vida con su amistad, cariño y enseñanzas. Este logro se lo dedicó a mi familia por impulsarme cada día a seguir y superar las dificultades a lo largo de mi carrera.

Daniel Villacis

AGRADECIMIENTO

Un sentido agradecimiento a mis directores de proyecto, Rubén León y Gonzalo Olmedo por su gestión y soporte a la conclusión de este objetivo.

Agradezco al Departamento de Información y Tecnología de ADC & HAS Management por brindarme las facilidades y la logística para el desarrollo del estudio y confiarme este objetivo.

Al personal técnico de la Superintendencia de Telecomunicaciones, a sus funcionarios por su colaboración humana y la prestación del equipamiento para mediciones, muchas gracias.

A mis compañeros y grandes amigos, gracias por los buenos tiempos por las largas jornadas y las malas noches, salud y gracias. A ella por su preocupación, afecto y apoyo continuo este triunfo también es tuyo.

A Oscar, Nereysi, Andrea, Fernanda, Gabriel y Sara. Querida familia sinceramente gracias.....

Daniel Villacis

PRÓLOGO

Las Radiocomunicaciones se iniciaron como un vínculo flexible y cómodo para el envío y recepción de información. El Aeropuerto representa un entorno de movimiento constante de pasajeros, personal, vehículos y por supuesto aeronaves que de una u otra manera necesitan mantenerse comunicados, el uso del espectro radioeléctrico se mantiene para el transporte de mucha de la información requerida en las operaciones del aeropuerto, movimiento de aeronaves en tierra y la coordinación en los terminales.

El presente estudio, pretende darle la importancia a recopilar la información asociada a estos movimientos, que hace de las tecnologías inalámbricas su medio de transporte, dándole énfasis a la infraestructura utilizada e instalada que debe ser normada y supervisada por el administrador aeroportuario. Este estudio se presenta como guía para usuarios y como documentación a seguir para el desarrollo de las radiocomunicaciones en el Aeropuerto Mariscal Sucre. Las políticas generales en cuanto a servicios presentes e infraestructura se difundirán en las dependencias del Aeropuerto como un resumen claro para todos los usuarios de equipos y frecuencias dentro del espectro de RF.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN A LAS RADIOCOMUNICACIONES AEROPORTUARIAS 1

1.1.	Antecedentes	1
1.2.	Justificación Para Operar Servicios De Radiocomunicaciones	2
1.3.	Funcionamiento De Las Radiocomunicaciones	2
1.3.1.	La Comunicación Vía Radio	2
1.3.2.	Los Sistemas Inalámbricos	2
1.3.3.	Clasificación de los Sistemas Inalámbricos	3
1.4.	El Entorno De Comunicaciones Aeroportuario	5
1.4.1.	Comunicaciones Aeronáuticas	7
1.4.1.1.	Servicios de Información al Vuelo	7
1.4.1.2.	Clasificación de las Estaciones	8
1.4.1.3.	Comunicaciones Aire/Tierra.	8
1.4.1.4.	Ayudas de Radionavegación	9
1.4.1.5.	Otros Sistemas con uso de Radiofrecuencia	15
1.4.2.	Comunicaciones No Aeronáuticas	16
1.4.2.1.	Sistemas de Radio Fijo-Móvil	17
1.4.2.2.	Sistemas de Acceso Inalámbrico	21
1.4.2.3.	Sistemas Satelitales	23

CAPITULO 2

OPERACIÓN DE LOS SERVICIOS DE RADIOCOMUNICACIONES 25

2.1.	Características y Utilización del Espectro en HF	26
2.1.1.	Servicios de Radiocomunicaciones en HF.	28

2.2.	Características y Utilización del Espectro en VHF	29
2.2.1.	Servicios de Radiocomunicaciones en VHF	30
2.3.	Características y Utilización del Espectro en UHF	33
2.3.1.	Servicios de Radiocomunicaciones en UHF	34
2.4.	Características de las Frecuencias Superiores	36
2.5.	Utilización del Espectro en el Aeropuerto Mariscal Sucre	38
2.5.1.	Generalidades acerca del Espectro Radioeléctrico	38
2.5.2.	Mapa Espectral del Aeropuerto	39

CAPITULO 3

INFRAESTRUCTURA DE RADIOCOMUNICACIONES	41	
3.1.	Estructuras de Soporte	41
3.1.1.	Mástiles	42
3.1.2.	Torres	42
3.1.2.1.	Criterio de Selección de una Torre.	42
3.1.2.2.	Monopolos.	43
3.1.2.3.	Torres Autosoportadas.	44
3.1.2.4.	Torres Arriostrables.	45
3.1.2.5.	Señalización y Ubicación en el Aeródromo	49
3.1.2.6.	Mantenimiento	51
3.2.	Antenas Utilizadas en el Aeropuerto	51
3.2.1.	Generalidades	51
3.2.2.	Características de las Antenas Utilizadas	52
3.2.2.1.	Dipolos y Monopolos	53
3.2.2.2.	Antena Tipo Yagui	57
3.2.2.3.	Arreglos de Dipolos doblados	59
3.2.2.4.	Antenas tipo Panel	61
3.2.2.5.	Antenas Reflectoras	62
3.2.2.6.	Antenas HF	65
3.3.	Elementos de Conexión en RF	67
3.3.1.	Cableado	67
3.3.1.1.	Cable coaxial.	68

3.3.2. Conectores	69
3.3.2.1. Tipos de Conectores para RF	70
3.3.2.2. Consideraciones usadas para especificar un conector	72
3.3.3. Acopladores	73
3.3.4. Divisores de señal	74
3.4. Mapa digital de las estructuras dentro del Aeropuerto	74
3.4.1. El Software de Diseño	75
3.4.2. Mapa Digital del Aeropuerto	76
3.4.3. Presentación de Resultados	78

CAPITULO 4

MEDICIONES DE CAMPO	80
4.1. Procedimientos para Medición	80
4.1.1. Medición de Frecuencias sobre los sistemas fijo-móvil	81
4.1.2. Medición sobre los Sistemas de Espectro Ensanchado	83
4.1.2.1. Equipo de Medición	84
4.1.2.2. Procedimiento de Medición	85
4.1.3. Medición de Radiaciones No Ionizantes	86
4.1.3.1. Métodos de Medición	89
4.1.3.2. Instrumental a utilizar	89
4.1.4. Análisis de Resultados	92
4.1.4.1. Medición de Frecuencias sobre los sistemas Fijo-Móvil	92
4.1.4.2. Mediciones Espectrales	94
4.1.4.3. Mediciones de RNI	94

CAPITULO 5

POLÍTICAS GENERALES DE RADIOCOMUNICACIONES	95
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	96

CONCLUSIONES	96
RECOMENDACIONES	99
ANEXOS	
ANEXO 1	
Alfabeto fonético de uso en las Comunicaciones de Radio	101
ANEXO 2	
Atribución del Espectro Radioeléctrico entre 3 MHz y 10 GHz	102
ANEXO 3	
Canalización de las Frecuencias en Banda Aérea 118 - 137 MHz	122
ANEXO 4	
Mapa Espectral del Aeropuerto Mariscal Sucre	124
ANEXO 5	
Características Importantes del Cable COAXIAL	128
ANEXO 6	
Mapas Resultantes de las Antenas de Radiocomunicaciones	129
ANEXO 7	
RESULTADOS DE LAS MEDICIONES DE CAMPO	145
ANEXO 8	
Políticas Generales de Radiocomunicaciones	152
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	165

INDICE DE TABLAS

CAPITULO 1

INTRODUCCION A LAS RADIOCOMUNICACIONES AEROPORTUARIAS

- | | | |
|------|--|----|
| 1.1. | Bandas del Espectro Radioeléctrico en uso en el Aeropuerto | 5 |
| 1.2. | Características de los sistemas ILS | 13 |

CAPITULO 2

OPERACIÓN DE LOS SERVICIOS DE RADIOCOMUNICACIONES

- | | | |
|------|--------------------------------|----|
| 2.1. | Adjudicación de la Banda Aérea | 32 |
|------|--------------------------------|----|

CAPITULO 3

INFRAESTRUCTURA DE RADIOCOMUNICACIONES

- | | | |
|------|---|----|
| 3.1. | Ganancia de Antenas Tipo Yagi | 58 |
| 3.2. | Características de los conectores utilizados en RF | 71 |
| 3.3. | Acopladores de señal de acuerdo al tipo de conector | 73 |

CAPITULO 4

MEDICIONES DE CAMPO

- | | | |
|------|--|----|
| 4.1. | Niveles máximos permisibles de radiaciones no ionizantes de densidad de potencia, Campo Eléctrico y Campo Magnético para exposición poblacional, en función de la frecuencia | 88 |
|------|--|----|

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO 1

INTRODUCCION A LAS RADIOCOMUNICACIONES AEROPORTUARIAS

1.1.	Entorno de Radiocomunicaciones Aeroportuarias	6
1.2.	Antenas localizadoras instaladas en el AIMS	11
1.3.	Antenas del GlideSlope y esquema de la senda de planeo	13
1.4.	Horizonte artificial, CDI ubicado en el panel del avión	14
1.5.	Radio Portátil y Radio Móvil	18
1.6.	Esquema de un sistema convencional de dos vías	19
1.7.	Implementación de un sistema con Repetidor	19
1.8.	a) Sistema convencional b) Sistema troncalizado	20
1.9.	Esquema de una topología de acceso inalámbrico punto-multipunto	22

CAPITULO 2

OPERACIÓN DE LOS SERVICIOS DE RADIOCOMUNICACIONES

2.1.	Propagación de ondas de Radio	25
------	-------------------------------	----

CAPITULO 3

INFRAESTRUCTURA DE RADIOCOMUNICACIONES

3.1.	Estructuras de soporte tipo monopolo	44
3.2.	Estructuras autosoportadas	45
3.3.	Estructuras de soporte arriostrables	46
3.4.	Esquema de instalación base para torres	46
3.5.	Soporte de hormigón para la torre	47

3.6.	Colocación de vientos en la torre	48
3.7.	Señalización de estructuras elevadas	50
3.8.	Antenas típicas para aplicación de estación base servicio fijo-móvil UHF	54
3.9.	Lóbulos de Radiación Típicos de una antena a) tipo manga b) con plano de tierra	54
3.10.	Antenas tipo látigo para aplicaciones móviles	56
3.11.	Patrón de radiación, antena tipo látigo en 840 MHz colocada en el centro del techo del vehículo.	57
3.12.	Antenas tipo Yagi instaladas en el ATO	58
3.13.	Patrones de Radiación Antenas Yagui de 7 y 3 elementos	58
3.14.	Arreglo vertical típico compuesto por dipolos doblados / Patrones de Radiación	59
3.15.	Implementaciones del arreglo de dipolos doblados	61
3.16.	Composición y Ejemplos de antenas tipo panel	62
3.17.	Esquemas de reflectores planos	63
3.18.	Modos de Propagación en un reflector parabólico	64
3.19.	Antenas Reflectoras instaladas en el Aeropuerto	64
3.20.	Antenas de alambre para HF	65
3.21.	Antenas de HF instaladas en el Aeropuerto a) dipolo doblado b) y c) tipo pértiga	66
3.22.	Esquema del Cable Coaxial	68
3.23.	Tipos de Conectores y Frecuencias de Utilización	72
3.24.	Divisores de señal de diversos modelos	74
3.25.	Esquema básico de un mapa digital GIS	75
3.26.	Elementos que intervienen en el desarrollo de un mapa GIS	77
3.27.	Ejemplo de Visualización sobre <i>ArcMap</i> de proyecto de Radiocomunicaciones	79

CAPITULO 4

MEDICIONES DE CAMPO

4.1.	Equipo de medición de frecuencia para radio de dos vías	82
------	---	----

4.2. Medición de Frecuencia en Sistemas de Radio, HF-VHF-UHF y Troncalizados	83
4.3. Analizador de Espectros Portátil y Antena Tipo Bocina de Prueba	84
4.4. Medición Espectral en 2.4 GHz	85
4.5. Emisión de una fuente de OEM	87
4.6. Intensidades de Campo en función de la frecuencia	88
4.7. Equipamiento para la medición de RNI	90
4.8. Modos de Funcionamiento del equipo a) Evaluación de Seguridad b) Análisis Espectral	91

GLOSARIO

A

AIMS: Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre

AFTN: Red de telecomunicaciones fijas aeronáuticas, sistema mundial de circuitos fijos para el intercambio de datos entre estaciones fijas aeronáuticas.

AM: Amplitud modulada. Técnica de modulación que varía la amplitud de la señal para el transporte de la información.

Arriostrar: Estabilizar una estructura ante los esfuerzos horizontales, sobre todo cuando éstos son perpendiculares al plano que contiene la estructura.

C

Chaqueta: Cubierta protectora exterior no metálica aplicada sobre un alambre con aislante o cable.

Crimpar: Acto de comprimir la abrazadera del conector alrededor del cable para realizar la conexión eléctrica.

CONATEL: Consejo Nacional de Telecomunicaciones. Ente gubernamental a cargo de las regulaciones y gestión de las Telecomunicaciones.

D

dB: Unidad relativa sin dimensiones, que se calcula como una relación de potencias o de voltajes.

dBi: Ganancia de una antena en referencia a una antena isotrópica

dBd: Ganancia de una antena respecto al dipolo de media onda

Dieléctrico: En un cable coaxial, se refiere al aislante entre el conductor interior y el conductor exterior.

DGAC: Dirección General de Aviación Civil. Organismo de control técnico aeronáutico a nivel nacional.

E

Espectro radioeléctrico: Es la porción del Espectro Electromagnético ocupado por las ondas de radio en el cual funcionan los diversos servicios de telecomunicaciones.

Estación base: Nombre común de todo el equipo radioeléctrico instalado en el mismo emplazamiento y utilizado para dar servicio a uno o varios sitios.

F

Fresnel: Se llama zona de fresnel al espacio entre el emisor de una onda electromagnética y un receptor, de modo que el desfase de las ondas en dicho volumen no supere los 180°.

Frecuencia principal: Frecuencia asignada a una aeronave para que la use de preferencia en las comunicaciones aeroterrestres.

Frecuencia secundaria: Frecuencia asignada a una aeronave para que la use en segundo termino en las comunicaciones aeroterrestres.

FWA: Aplicación de acceso inalámbrico en la que el usuario final y el punto de acceso a la red son fijos.

G

Georeferenciar: Proporcionar la información geográfica real asociando un mapa digital o conjunto de puntos a un sistema de coordenadas aceptado.

GIS: Geographical Information System. es una colección organizada de hardware, software, datos geográficos y personal, diseñado para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión.

GPS: Global Positioning System. Permite determinar con precisión la posición de un objeto mediante una red de satélites.

I

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers. Es una asociación técnico-profesional mundial dedicada a la estandarización e investigación.

Impedancia (característica, Z_0): Característica propia de la línea de transmisión que describe la relación entre los campos eléctricos y magnéticos.

ISP: Internet Service Provider. Es una empresa dedicada a conectar a Internet a los usuarios y dar el mantenimiento necesario para que el acceso funcione correctamente.

J

Jack: Dispositivo conector en el cual un plug puede insertarse para realizar conexiones de circuitos.

L

LMR: Land Mobile Radio. Sistema popular de comunicación de voz de dos vías

LOS: Line of Sight. Condición que implica la ausencia de obstáculos en un enlace de comunicaciones.

M

Malla: Alambre tejido como blindaje para alambres aislados o cables coaxiales. También se puede referir a una fibra tejida que protege un cable conductor.

Modulación: Es una técnica de transporte de información sobre una onda portadora. Estas técnicas permiten un mejor aprovechamiento del canal de comunicación protegiendo la información de posibles interferencias y ruidos.

N

NOTAM: Es un aviso con información relativa al establecimiento, condición o modificación de una instalación aeronáutica, servicio o peligro, cuyo conocimiento es esencial para el personal a cargo de las operaciones de vuelo.

O

OACI: Organización de Aviación Civil Internacional. Promueve los reglamentos y normas únicos en la aeronáutica mundial.

P

Plug: En los conectores coaxiales de RF el plug es usualmente la porción móvil, y esta fijada al cable o la parte extraíble del conector.

Potencia disipada (W): Máxima potencia que la antena puede radiar sin que se vean alteradas sus características radioeléctricas.

PTT: Push to Talk. Es un método half-duplex de comunicación, al presionar un botón se realiza la transmisión de voz y liberándolo permite que la comunicación de voz sea recibida.

R

Radiocanal: Se establece entre una pareja de portadoras ida y retorno. Se asocia a la idea de circuito de telecomunicaciones duplex a 4 hilos.

Radioenlace: Es una interconexión entre terminales de telecomunicaciones efectuada mediante el uso de ondas radioeléctricas.

RF: Radio Frecuencia. Grupo de frecuencias entre los 3 KHz a 300 GHZ.

RG/U: Simbología usada para designar a los cables coaxiales que son hechos en base a las especificaciones gubernamentales (por ejemplo, RG-58U, en esta designación la “R” significa Radiofrecuencia, la “G” gobierno, el “58” es el numero asignado de la aprobación, y la “U” significa que es una especificación universal).

S

Servicio Fijo aeronáutico: Servicio de telecomunicaciones entre puntos fijos determinados, que se suministra primordialmente para seguridad de la navegación aérea.

Servicio móvil aeronáutico: Servicio móvil entre estaciones aeronáuticas y estaciones de aeronaves, o entre estaciones de aeronaves, en el que también pueden participar las estaciones de dispositivo de salvamento.

SUPTEL: Superintendencia de Telecomunicaciones. Organismo de control local a cargo de la supervisión de uso del espectro radioeléctrico.

T

Transceptor: Dispositivo que realiza, dentro de una misma caja o chasis, funciones tanto de transmisión como de recepción, utilizando componentes de circuito comunes para ambas funciones.

U

UIT-R: Sector de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) encargado de normalizar las Radiocomunicaciones.

V

VDL: VHF data link. Enlace de datos entre aeronaves y centros de control.

VSWR: Es una medida de la magnitud de la señal reflejada de vuelta desde el conector. Es una cantidad vectorial que posee amplitud y fase.

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN A LAS RADIOCOMUNICACIONES AEROPORTUARIAS

1.1. Antecedentes

A partir del inicio de operación del Aeropuerto Mariscal Sucre, las instalaciones en materia de radiocomunicación han crecido de manera desordenada, razón por la cual aun cuando se retiren instalaciones obsoletas no se cuenta con áreas específicas para la implementación de torres con sus respectivas antenas; así mismo por las reubicaciones necesarias derivadas de remodelaciones del edificio, los usuarios reacondicionan y abandonan sus dispositivos de Comunicaciones.

Si bien todas las instalaciones, funcionan normalmente, son pocos los que cuentan con el respaldo técnico de profesionales en las diferentes dependencias del Aeropuerto. Es necesario una mayor coordinación y normalización para llegar a una óptima coexistencia de los sistemas y un mejor tiempo de respuesta en presencia de fallas.

Siendo cada día mayores los requerimientos en cuanto a Radiocomunicaciones en las dependencias del Aeropuerto, en función de la facilidad de instalación, comodidad, movilidad que presentan las comunicaciones inalámbricas hoy en día y el valor añadido en la coordinación del tráfico aéreo, es necesario un estudio para optimizar la infraestructura y la operación de los servicios de radiocomunicaciones.

1.2. Justificación Para Operar Servicios De Radiocomunicaciones

Sin duda la importancia de un medio de comunicaciones flexible como las ondas de radio encuentra en el entorno aeroportuario un amplio campo para desarrollo y utilización diaria. Consultadas varias de las dependencias en el Aeropuerto, la justificación para el uso del medio radio esta en facilidad y el valor añadido que representa para el enlace con aeronaves. Es por esto que se ha desarrollado esta documentación técnica y práctica para un mayor entendimiento del desarrollo de las radiocomunicaciones dentro de los límites del Aeropuerto.

1.3. Funcionamiento De Las Radiocomunicaciones

En esta sección se realiza una introducción al concepto de Radiocomunicación explicando como se efectúan y se describen aspectos generales, tipos de comunicaciones posibles y clasificaciones de los sistemas de inalámbricos de radiofrecuencia.

1.3.1. La Comunicación Vía Radio.

Las ondas de radio se desarrollaron como una tecnología que permite la transmisión de señales mediante la modulación de ondas electromagnéticas. La característica sobresaliente de esta tecnología radica en el medio de propagación de las señales, sea este el aire o el vacío, no requiere el despliegue de un medio físico específico para el transporte de las señales origen, toda la información es transportada a través de un vinculo inalámbrico.

1.3.2. Los Sistemas Inalámbricos.

En un sentido amplio, un sistema inalámbrico permite la comunicación de información entre dos puntos sin el uso de una conexión física cableada. Esto se puede llevar a cabo usando energía sonora, óptica o radiofrecuencia. La mayoría de los sistemas inalámbricos modernos hacen uso de las señales de

Radiofrecuencia (RF) o señales microonda, usualmente en el rango de frecuencias entre 100 MHz y 30 GHz. Las señales en RF ofrecen amplios anchos de banda y tienen la ventaja de poder penetrar condiciones de niebla, polvo, follaje e incluso edificaciones y vehículos en rangos limitados.

1.3.3. Clasificación de los Sistemas Inalámbricos

Una manera de clasificar a los sistemas inalámbricos es de acuerdo a la naturaleza y ubicación de los usuarios:

- **Sistema de radio punto a punto.** Un solo transmisor se comunica con un único receptor. Estos sistemas usan generalmente antenas de alta ganancia en posiciones fijas para maximizar la potencia recibida y minimizar la interferencia con otros radios que pueden estar operando en la cercanía dentro del mismo rango de frecuencias. Los sistemas punto a punto son generalmente usados para enlaces de datos dedicados y para la conexión de las estaciones base a la oficina de conmutación central.
- **Sistemas punto a multipunto.** Conectan una estación central a un gran número de posibles receptores. Los ejemplos mas comunes son los sistemas de difusión AM y FM de radio y la Televisión comercial, donde un transmisor central usa una antena con haz amplio para alcanzar a muchos oyentes y televidentes.
- **Sistemas multipunto a multipunto.** Permiten comunicaciones simultáneas entre usuarios individuales (quienes pueden no estar en ubicaciones fijas). Estos sistemas no conectan directamente a dos usuarios, pero se apoyan en una infraestructura de estaciones base que conectan a los usuarios individuales a una oficina central de conmutación, que a su vez se conectan con otra estación base y de esta hacia el otro usuario. Los sistemas celulares y ciertos tipos de redes LAN (Local Area Network) inalámbricas son ejemplos de este tipo de aplicación.

Otra manera de clasificar a los sistemas inalámbricos es en términos de la dirección o sentido de comunicación.

- **Simplex.** La comunicación ocurre en una sola dirección, del transmisor hacia el receptor. Ejemplos de sistemas simplex incluyen la difusión de radio y televisión.
- **Half-duplex.** La comunicación se da en dos direcciones, pero no simultáneamente. Sistemas de Radios móviles y de banda ciudadana son ejemplos de sistemas duplex, que hacen uso generalmente de la función PTT (push to talk), de tal forma que un solo canal pueda ser usado tanto para la transmisión como para la recepción en diferentes intervalos de tiempo.
- **Full-duplex.** Los sistemas permiten transmisión y recepción simultánea de dos vías. Ejemplos de este tipo son los sistemas de telefonía celular, enlaces de radio punto a punto y sistemas de radio móviles modernos. Estos sistemas requieren técnicas de duplexado para evitar la interferencia entre las señales transmitidas y recibidas. Esto puede hacerse al usar frecuencias separadas para transmitir y recibir (frequency division duplexing, FDD), o al permitir a los usuarios transmitir y recibir en intervalos predefinidos de tiempo (time division duplexing, TDD).

Finalmente se puede clasificar a los sistemas inalámbricos de acuerdo a la frecuencia de operación, dividiendo al espectro radioeléctrico en bandas de comunicaciones, el espectro radioeléctrico está dividido en bandas por convención para distribuir los distintos servicios de telecomunicaciones. Cada una de estas gamas de frecuencias poseen características particulares que permiten diferentes posibilidades de recepción. La tabla 1.1 muestra la división del espectro establecida en el año 1953 por el Consejo Consultivo Internacional de las Comunicaciones de Radio (CCIR) [24]. Se presenta únicamente el rango de frecuencias que para los efectos de este documento será considerando en el análisis de las Radiocomunicaciones en el Aeropuerto.

Tabla. 1.1. Bandas del Espectro Radioeléctrico en uso en el Aeropuerto

Banda del Espectro		Longitud de Onda	Frecuencia	Modo de Propagación	Aplicaciones Típicas
HF	High Frecuencias	100 m	3 MHz	Propagación ionosférica dominante con fuertes variaciones estacionales y en las diferentes horas del día y la noche	Comunicaciones de todo tipo a media y larga distancia
	Frecuencias altas	10 m	10 MHz		
VHF	Very High Frecuencias	10 m	30 MHz	Prevalentemente propagación directa, esporádicamente propagación ionosférica o troposférica	Enlaces de Radio a corta distancia, Televisión, Frecuencia Modulada
	Frecuencias muy altas	1 m	300 MHz		
UHF	Ultra High Frecuencias	1 m	300 MHz	Exclusivamente propagación directa, posibilidad de enlaces por reflexión o a través de satélites	Enlaces de Radio, Radar, ayudas a la navegación aérea, televisión
	Frecuencias Ultra Altas	10 cm	3 GHz		
SHF	Super High Frecuencias	10 cm	3 GHz	Exclusivamente propagación directa, posibilidad de enlaces por reflexión o a través de satélites	Radar, Enlaces de Radio
	Frecuencias superaltas	1 cm	30 GHz		

1.4. El Entorno De Comunicaciones Aeroportuario

Siendo el espectro radioeléctrico un recurso natural limitado, se requiere la utilización racional y eficiente del mismo, procurando en todo momento un entorno libre de interferencias. Se encuentra bastante saturado al existir una amplia gama de servicios y aplicaciones inalámbricas, por lo cual se establecerá una base clara y concisa de los sistemas de radiocomunicaciones que operan en el Aeropuerto.

En primera instancia las radiocomunicaciones más críticas y sensibles dentro del aeropuerto, las han venido operando con éxito las autoridades aeronáuticas en la banda aérea de radio VHF (118 – 135 MHz). Operando

servicios que dan un apoyo esencial al aterrizaje y despegue de las aeronaves. Pero esta porción del espectro es apenas una fracción del entorno radio en uso a lo largo de las instalaciones aeroportuarias. Haciendo un análisis breve y general sobre las radiocomunicaciones se las puede dividir de manera amplia en dos tipos:

- **Comunicaciones Aeronáuticas.** Aquellas que tienen que ver con la operación de las aeronaves y los servicios que se prestan vía radio para el control del tráfico aéreo.
- **Comunicaciones No Aeronáuticas.** Y aquellas que se usan en las actividades administrativas y servicios asociados a las telecomunicaciones modernas.

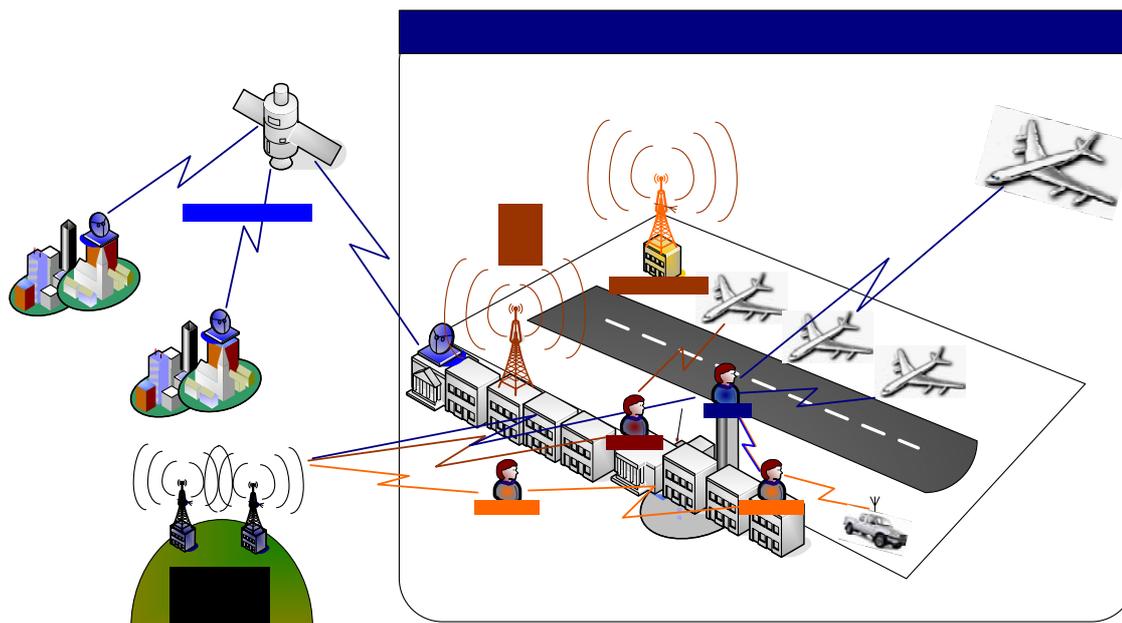


Figura. 1.1. Entorno de Radiocomunicaciones Aeroportuarias

La figura 1.1. resume y ejemplifica el entorno de radiocomunicaciones a nivel Aeropuerto haciendo uso del vínculo inalámbrico entre elementos clave como la torre de control (TWR) con las aeronaves y el personal de operaciones de ADC&HAS tanto en los terminales como en los vehículos en pista.

1.4.1. Comunicaciones Aeronáuticas

Las comunicaciones aeronáuticas involucran muchas de las tecnologías de uso común en todas las aplicaciones de radio, la diferencia radica en la porción del espectro en uso y los procedimientos relacionados al manejo de la información. El control y operación de los servicios de comunicaciones aeronáuticas esta en manos de la autoridad aeronáutica, la dirección general de aviación civil **DGAC**, quienes gestionan todos los servicios de radiocomunicaciones que se mencionan a continuación.

1.4.1.1. Servicios de Información al Vuelo

Las Estaciones Aeronáuticas, en el caso del Aeropuerto, la Torre de Control, brindan Servicios de Información al vuelo y Servicios de Alerta. Dichas estaciones dan asesoramiento a los pilotos cuando se presentan para abrir su plan de vuelo o bien lo transmiten por radio¹. Tienen el deber de informar sobre cualquier anomalía que ocurra desde el lugar de despegue, toda la ruta hasta el destino de la aeronave, esta información comprende reportes meteorológicos, avisos sobre cambios en las facilidades y servicios en los aeródromos, radioayudas y cualquier otro factor que pudiera afectar la marcha regular, segura y eficaz del vuelo.

Una vez la aeronave inicia operaciones establecerá comunicación con las diferentes dependencias aeronáuticas. Las estaciones aeronáuticas serán las encargadas de brindar el servicio de información al vuelo mediante las frecuencias de radio en caso de no estar disponible el servicio de control de tránsito aéreo o asesoramiento radar. En el momento que el vuelo ingrese al espacio aéreo donde se encuentren disponibles estos servicios se procederá a notificar al piloto del cambio de frecuencia y hacer el traslado de responsabilidad [19].

¹ El termino radio se refiere al equipo de comunicaciones utilizado por el piloto en la aeronave

1.4.1.2. Clasificación de las Estaciones

Las Estaciones Aeronáuticas básicamente son de dos tipos, de acuerdo al servicio que brindan a los usuarios:

Estaciones del Servicio Fijo Aeronáutico. Encargadas de la recepción del plan de vuelo en sus instalaciones, suministro de asesoramiento previo al vuelo tanto a pilotos como compañías explotadoras y procesamiento del plan de vuelo a través de las terminales de la Red de Telecomunicaciones Fijas Aeronáuticas ó AFTN (Aeronautical Fixed Telecommunication Network) [19].

Estaciones del Servicio Móvil Aeronáutico. Encargadas de la recepción del plan de vuelo, normalmente a través de la frecuencia de uso VHF, asesoramiento previo al vuelo a los pilotos y seguimiento continuo de la marcha de los vuelos a través de los reportes de posición cursados en la frecuencia utilizada para las comunicaciones aire/terrástica [19].

Todos los procedimientos radiotelefónicos en uso para los servicios de información al vuelo se ajustan a los parámetros enunciados en las reglamentaciones nacionales y recomendaciones OACI (Organización de Aviación Civil), tales como las enunciadas en el Anexo 10 de la OACI, tituladas "Servicios de Telecomunicaciones". Además se hace uso del alfabeto fonético que mejora la recepción del mensaje en caso de comunicaciones dificultosas, el mismo que se muestra en el Anexo 1.

1.4.1.3. Comunicaciones Aire/Tierra.

Las comunicaciones aire/terrástica pueden ser de varios tipos, dependiendo de las partes que intervengan en la misma. Mayormente consisten en comunicaciones de voz a través de sistemas de radio móviles que proporcionan información clave en las operaciones aéreas [19].

- Comunicaciones AOC (Aeronautical Operational Control). Corresponden a los intercambios de información entre avión y centro de despacho de la aerolínea para el soporte de la operación de las aeronaves.
- Comunicaciones AAC (Aircraft Administrative Communications). Cubre todas las comunicaciones asociadas a necesidades de las aerolíneas; también se encarga de los reportes administrativos de los cambios diarios de operación, entre otros servicios de intercambio de información.
- Comunicaciones APC (Aircraft passenger communications). Corresponde al servicio público a pasajeros a bordo de la aeronave.
- Comunicaciones ATS (Air Traffic Services). Este tipo de comunicación incluye:
 - a. Servicio de comunicaciones asociado con información al vuelo: FIS (Flight Information Service), que muestra información meteorológica y también información general como las frecuencias de radio específicas.
 - b. Servicios de comunicaciones para el soporte del ATC (Air Traffic Control), en donde se maneja información como autorizaciones, instrucciones, reporte periódico de posición del vuelo.
- Comunicaciones ATC. Medios de conexión para garantizar el intercambio de información oral y de datos en las diferentes fases de un vuelo y en las coordinaciones operativas y técnicas propias en seguridad aérea. Para todo tipo de espacio aéreo las comunicaciones orales son el medio primario.

1.4.1.4. Ayudas de Radionavegación

Las ayudas a la navegación las constituyen, ayudas para aproximación, aterrizaje y decolaje. Estas pueden ser de tres tipos dependiendo de las instalaciones del aeropuerto y los medios a utilizarse [18]:

- El sistema de aterrizaje por instrumentos **ILS**
- El sistema de aterrizaje por microonda **MLS**
- El sistema satelital de navegación global **GNSS**

Es importante tener en cuenta que las referencias visuales son esenciales para las fases finales de la aproximación y el aterrizaje, en tal virtud la instalación de ayudas no visuales no elimina la necesidad de las ayudas visuales incluso en condiciones de poca visibilidad. Las luces en pista complementan el servicio que proporcionan las radioayudas. Cuando una ayuda no visual entra en operación, su desempeño deberá corresponder al menos a la categoría de pista de aproximación a la cual esta sirviendo.

Sistema de aterrizaje instrumental (ILS).

El sistema de aterrizaje instrumental o ILS, (Instrument Landing System) le permite al avión ser guiado con precisión durante la aproximación a la pista de aterrizaje y, en algunos casos, a lo largo de la misma. Un ILS consiste de dos subsistemas independientes: uno sirve para proporcionar guía lateral y el otro para proporcionar guía vertical.

Una serie de antenas localizadoras (LOC o localizer) están situadas normalmente alrededor de 300 metros del final de la pista, ubicando de 8 ó 14 antenas direccionales en esta posición. El sistema transmite dos señales entre los 108 MHz y 111.975 MHz. Una está modulada a 90 Hz y la otra a 150 Hz y son transmitidas desde antenas diferentes. Cada antena transmite un haz bastante estrecho, uno ligeramente hacia la izquierda del centro de la pista y la otra ligeramente hacia la derecha [18].



Figura 1.2. Antenas localizadoras instaladas en el AIMS

El receptor del localizador en el avión mide la diferencia de la modulación entre las señales de 90 Hz y 150 Hz. Cuando la diferencia es de cero, la antena receptora está en la línea central del localizador, lo que normalmente coincide con el centro de la pista.

Una antena transmisora de la senda de planeo (GS - glideslope) se sitúa a un lado de la zona de la pista donde se produce la toma. La señal GS se transmite a una frecuencia de entre 328.6 MHz y 335.4 MHz, usando una técnica similar a la del localizador; la señal está situada para marcar una senda de planeo de aproximadamente 3° sobre la horizontal, como se muestra en la figura 1.3. De esta manera la aeronave visualiza la trayectoria de aproximación hacia la pista.

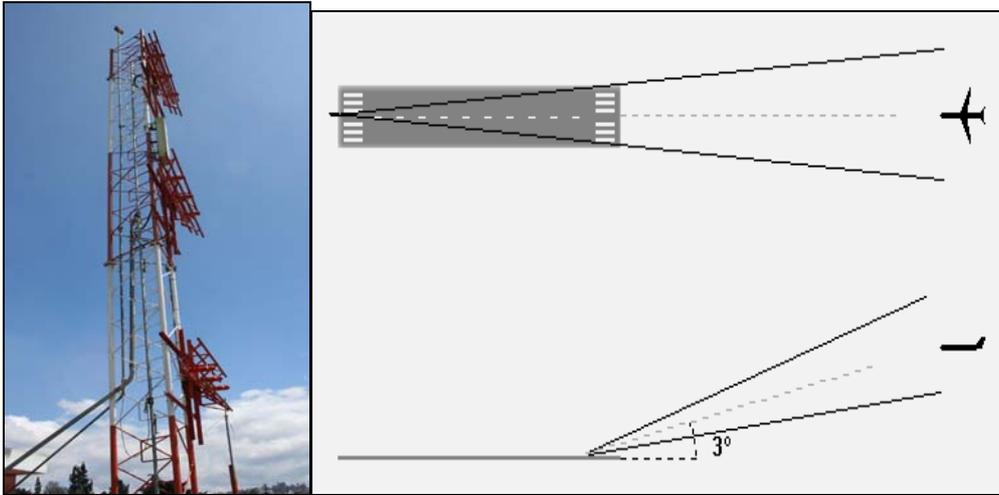


Figura 1.3. Antenas del GlideSlope y esquema de la senda de planeo

En muchos aviones el horizonte artificial muestra las dos agujas que marcan la senda correcta del ILS. De estar sintonizado un ILS durante la aproximación, las dos agujas en cruz indicarían que la aeronave se esta aproximando correctamente.

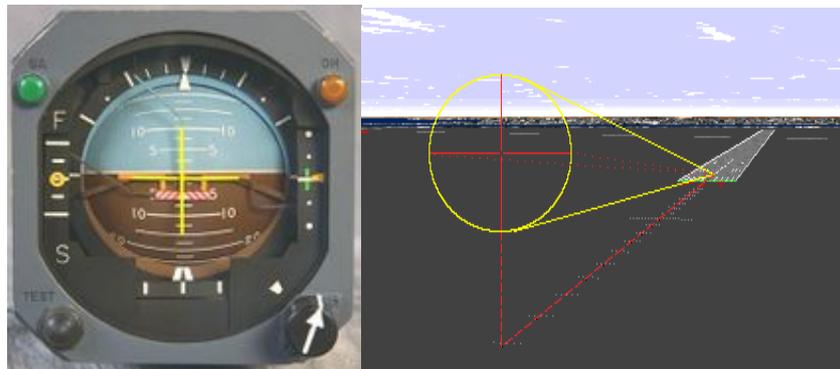


Figura 1.4. Horizonte artificial, CDI ubicado en el panel del avión

Las frecuencias del localizador y la senda de planeo están emparejadas de manera que sólo se requiere seleccionar una frecuencia para sintonizar ambos receptores. Las señales del localizador y la senda de planeo se muestran en un instrumento de la cabina, llamado Indicador de Desviación de

Curso (CDI - Course Deviation Indicator), que es un grupo de agujas horizontales y verticales o un instrumento electrónico que las simule, como se muestra en la figura 1.4. El piloto controla el avión de manera que las agujas permanezcan centradas en el indicador, pues es entonces cuando el avión sigue la senda de planeo y la dirección correctas.

Un ILS estándar responde a un grupo de características dando una categoría específica del mismo, cuando permite aterrizajes con una visibilidad mínima y altura de decisión dadas que se especifican en la tabla 1.2.

Tabla. 1.2. Características de los sistemas ILS

Categoría ILS	Altitud de Decisión	Visibilidad
Cat 1	61 m	732 m / 549 m
Cat 2	30 m	366 m
Cat 3a	0 m	213 m
Cat 3b	0 m	46 m
Cat 3c	0 m	0 m

Cada aparato certificado para operaciones CAT III tiene una altitud de decisión y mínimos de visibilidad establecidos, únicos para cada certificación. Algunos operadores pueden aterrizar en condiciones cero/cero (CAT IIIc). Las instalaciones CAT II/III incluyen iluminación de la línea central de la pista y zona de contacto, así como otras ayudas y mejoras.

En el aeropuerto Mariscal Sucre se mantiene en funcionamiento el sistema de aterrizaje instrumental ILS Categoría 1, cuyas antenas se ubican en la cabecera norte de la pista y se encuentra bajo la supervisión y mantenimiento de la DGAC.

Ayudas de corta distancia

A lo largo de las rutas donde las condiciones de densidad de tráfico y baja visibilidad requieren una ayuda en tierra de corta distancia para la navegación y el eficiente control aéreo, o donde una ayuda de corta distancia se requiere por seguridad y eficiente manejo de las operaciones con aeronaves, la ayuda estándar es el VOR (VHF Omnidirectional Radio Range) [18].

El VOR es un sistema de ayuda a la navegación aérea, de uso muy extendido que opera en la banda de muy alta frecuencia VHF, desde 108.00 MHz, hasta 117.95 MHz. Consta de una caja de control, en la que se selecciona la frecuencia, y un mando de volumen que permite escuchar la identificación de la radioayuda de tierra. El indicador VOR tiene tres componentes:

- *Dial selector de rumbos*, permite la selección de cualquier rumbo.
- *Aguja vertical (CDI)*, indica en qué dirección se encuentra el rumbo seleccionado. Si la aguja está a la derecha, el rumbo seleccionado está a la derecha del avión, y lo mismo a la izquierda. Pero esto es sólo verdad cuando se trabaje en sentido directo. El sentido directo se da cuando el rumbo del avión y el seleccionado en el selector de rumbos coincidan o estén separados menos de 90°. Se estará trabajando con el sentido inverso cuando el rumbo del avión y el seleccionado en el selector de rumbos sean opuestos o se diferencien más de 90°. Con sentido inverso, si la aguja está a la derecha, el rumbo seleccionado estará a nuestra izquierda, y si la aguja está a la izquierda, el rumbo seleccionado se encontrará a nuestra derecha.
- *Indicador TO-FROM, o HACIA-DESDE*. La indicación TO quiere decir que interceptado y volado el rumbo seleccionado en el selector de rumbos, el avión se dirige a la estación. La indicación FROM quiere decir que interceptado y volado el rumbo seleccionado, el avión se aleja de la estación.

En sitios donde por razones operacionales o de control del tráfico aéreo es necesario un servicio de navegación más preciso que el que provee el VOR, el distance measuring equipment (DME) puede ser instalado y puesto en operación como complemento al VOR.

Las instalaciones que sirven al aeropuerto en cuanto al VOR y DME se encuentran fuera de los límites del aeropuerto, la DGAC mantiene activas dos estaciones de este tipo, una ubicada en Monjas y la otra instalada en Condorcocha, se mantiene el principio de funcionamiento y complementa al ILS instalado en el Aeropuerto.

1.4.1.5. Otros Sistemas con uso de Radiofrecuencia

Cabe mencionar dos tipos de sistemas que utilizan las tecnologías inalámbricas, la primera son los sistemas meteorológicos con aplicaciones puntuales al aeropuerto y la segunda es la activación remota de las luces de pista mediante una frecuencia de radio.

Sistema AWOS. El sistema AWOS (Automated Weather Observation System) [1], proporciona información relativa al clima esencial para la operación del Aeropuerto. Censa automáticamente parámetros meteorológicos, resume y analiza esta información con la asistencia de un ordenador y a través de un sistema de radio UHF, realiza la difusión de reportes del clima relativos a la aviación, los cuales pueden ser recibidos por una aeronave hasta 10000 pies sobre el suelo y a 25 millas náuticas desde la estación AWOS.

Sistema WAFS. El sistema WAFS (World Area Forecast System) [16] tiene como propósito difundir a nivel mundial la información del modelo de pronóstico relativo a la aviación generados por el WAFS (World Area Forecast Centre) en un formato estándar (código WMO GRIB) al igual que otros datos de respaldo para las operaciones de vuelo a la mayor parte de usuarios posible. El servicio es proporcionado por el sistema internacional de comunicaciones satelitales

(ISCS) que entre sus propósitos tiene la entrega de datos meteorológicos en apoyo al programa de la OACI para la distribución de datos relacionados a la aviación.

Precision Approach Path Indicator (PAPI). Este es un sistema de luces en pista, instalado en una sola fila en grupos de dos o cuatro luces [9]. Estos sistemas tienen un rango visual efectivo de alrededor de 5 millas durante el día y hasta 20 millas en la noche. La fila de luces esta instalada en el lado izquierdo de la calle de rodaje siendo un indicador de la senda de planeo. Este sistema de luces es activado por la torre de control a través de una frecuencia VHF y un equipo base de radio que censa el canal y enciende las luces dado un determinado número de activaciones del canal.

Runway End Identifier (REIL). Las luces REIL [9] tienen como propósito una identificación rápida y clara del acercamiento al final de la calle de rodaje. El sistema consiste de un par de luces parpadeantes sincronizadas localizadas en cada umbral de la pista. Este sistema de luces es activado por la torre de control a través de una frecuencia VHF y un equipo base de radio que censa el canal y enciende las luces cada determinado número de activaciones del canal.

1.4.2. Comunicaciones No Aeronáuticas

Son servicios de comunicaciones no aeronáuticas todos aquellos que no intervienen directamente en las comunicaciones con aeronaves, sin embargo ofrecen soporte al movimiento y actividades que se desarrollan en el aeropuerto. Las tecnologías o sistemas de comunicaciones con presencia importante a nivel aeropuerto son los sistemas de Radio Fijo-Móvil, los sistemas de acceso inalámbrico y en menor presencia los sistemas de comunicación satelitales, todas estas tecnologías intervienen también en parte de las comunicaciones aeronáuticas pero a diferencia de los sistemas descritos como aeronáuticos estos son de uso común para todo tipo de usuarios.

1.4.2.1. Sistemas de Radio Fijo-Móvil

El predominio de los sistemas de radio móviles en tierra es claramente visible a lo largo del mundo tanto en el sector público como privado. Esta tecnología inalámbrica proporciona a las comunicaciones administrativas y operacionales de las empresas un vínculo eficiente y confiable entre los usuarios. En general se hace referencia a un sistema de radio móvil en tierra como LMR, por sus siglas en ingles (Land Mobile Radio) [26].

La mayoría de los sistemas de radio móviles se ubican típicamente en las bandas de VHF y UHF. Sin embargo, la demanda cada vez mayor del espectro de muchos tipos de servicios inalámbricos, ha supuesto varios cambios a las asignaciones de frecuencia para aliviar la congestión. Algunas características de importancia en los sistemas LMR modernos incluyen señalización digital, channel trunking y comunicación de datos. Incrementando las capacidades del sistema, mejorando la calidad de la comunicación e incrementando la satisfacción del usuario.

Estructura tradicional del Sistema LMR. Muchos de los sistemas antiguos de comunicaciones, incluyendo LMR, usaban medios análogos para transmitir información. Los sistemas LMR originales usaban modulación AM para transportar el tráfico de voz. Sin embargo, la difusión AM era muy susceptible al ruido y así la claridad de voz se degradaba, la calidad de la recepción se mejoró con la incursión de la modulación FM [25].

Conjuntamente con el avance de las técnicas de transmisión se dio el desarrollo de varios estilos de dispositivos de mano. Originalmente, los componentes de los sistemas de comunicaciones inalámbricos eran de gran tamaño y consumían grandes cantidades de energía. Este no era un problema en las estaciones base, pero si un problema significativo para las unidades móviles. Las restricciones de tamaño y energía limitaban inicialmente a un diseño de radio de auto, como una implementación móvil.

Los sistemas de radio fijo-móvil actuales utilizan tanto unidades portátiles como unidades móviles. La diferencia principal está en que las unidades móviles carecen de la habilidad de ser transportadas por el usuario al abandonar el vehículo pero ofrecen una mayor potencia de transmisión. Las unidades portátiles transmiten con una cantidad menor de potencia, lo cual involucra un rango reducido para la comunicación con la estación base. Los rangos de comunicación de entrada y de salida pueden ser similares o diferentes para un dispositivo de mano dado, dependiendo del tipo de antena y la potencia de transmisión.



Figura 1.5. Radio Portátil y Radio Móvil

Los sistemas tradicionales están organizados utilizando varias configuraciones de los enlaces. Cada configuración permite al usuario operar a distancias mayores que las que el radio permite en solitario. Esto se debe a que la estación base recibe la transmisión del usuario y la retransmite con una potencia mayor y generalmente desde una locación con mejores características de cobertura.

Sistema Convencional de dos vías. En un sistema convencional de radio de dos vías, se da la transmisión directamente hacia o desde la unidad móvil o portátil. Dado que es necesario tener línea de vista entre los terminales, este tipo de comunicación está limitado por las consideraciones en cuanto a la curvatura de la tierra y los obstáculos en el terreno.

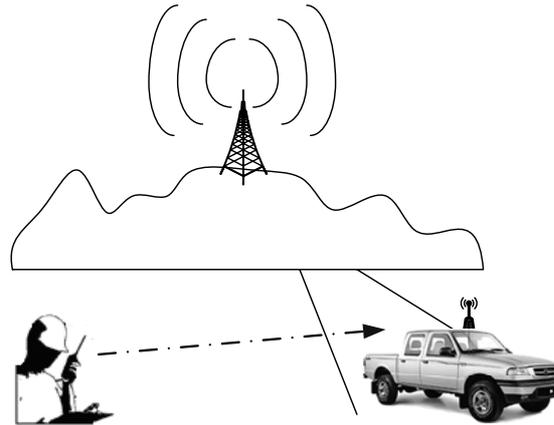


Figura 1.6. Esquema de un sistema convencional de dos vías

Sistema convencional con Repetidor. Un repetidor convencional extiende el rango al recibir una señal de baja potencia, la amplifica y la retransmite a una potencia mayor. Se localiza usualmente en un punto alto (una montaña, torre o edificio) para incrementar la “línea de vista” sobre el horizonte.

Estación

Radio Portatil

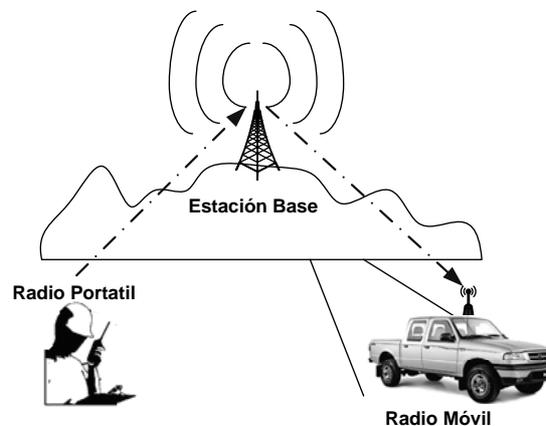


Figura 1.7. Implementación de un sistema con Repetidor

El sistema mas sencillo es de un solo sitio, una estación base provee retransmisión a todas las comunicaciones de los radios dentro de su área de cobertura, como se puede ver en la figura 1.7. Su implementación esta restringida a entidades no muy grandes que desean cobertura en áreas de operación limitadas, como lo es el Aeropuerto, en un entorno metropolitano, puede ser necesario el uso de dos o más estaciones repetidoras.

Sistema de Radio Troncalizado. El servicio troncalizado consiste en la compartición automática de los repetidores en un sistema de repetidores múltiples. El principio de operación está en que los suscriptores individuales usan el sistema un pequeño porcentaje de tiempo, por pequeños periodos de tiempo. Y que la mayoría de los usuarios no usan el sistema al mismo tiempo, es el mismo principio para compartición de recursos que se usa en la telefonía celular.

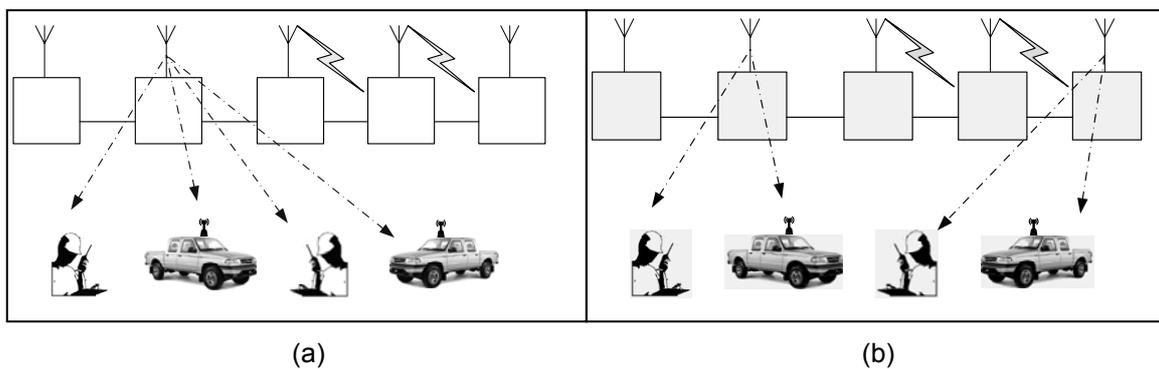


Figura 1.8. a) Sistema convencional b) Sistema troncalizado

La figura 1.8. a) muestra como el canal 2 se encuentra ocupado, mientras los canales 1 y 5 no están siendo utilizados en lo absoluto. Este es un uso pobre del espectro y limita las capacidades del sistema. Ahora en el sistema troncalizado figura 1.8 b) todos los 5 canales se encuentran conectados y las llamadas son direccionadas a los canales abiertos mediante el intercambio continuo de datos entre el controlador del servicio y las unidades de suscriptor individuales.

La tecnología de Trunking más común procesa las comunicaciones en forma analógica y utiliza el protocolo **LTR** (Logic Trunked Radio) [13] que tiene la característica de no ser un protocolo propietario de una Marca de radios. Este hecho permite que existan en el mercado muchos fabricantes de radios que ofrezcan productos compatibles con esta Tecnología de Trunking (Kenwood, ICOM, Motorola, etc). Esta Tecnología es el primer escalón en la

Troncalización de un Sistema Convencional proporcionando grandes ventajas sobre esta última en cuanto a mayor capacidad de tráfico, control de base de usuarios e implementación de llamadas de grupo, individual y telefónica.

De esta manera un sistema troncalizado puede soportar de cuatro a cinco veces el número de usuarios que soporta un sistema convencional. Si bien usuarios individuales pueden desplegar la infraestructura necesaria para un sistema troncalizado, los usuarios a nivel aeropuerto acceden a este tipo de tecnología mediante un proveedor de servicios de Radiocomunicaciones autorizado.

1.4.2.2. Sistemas de Acceso Inalámbrico

Los sistemas de acceso inalámbrico (Wireless access systems (WAS), Wireless local loop (WLL), radio in the loop (RITL), fixed-radio access (FRA) o fixed-wireless access (FWA) por sus siglas en inglés) [14], se definen como conexiones de radiocomunicaciones de usuario final para redes centrales privadas o públicas.

Las tecnologías utilizadas hoy en día para realizar el acceso inalámbrico incluyen sistemas celulares, sistemas de telecomunicaciones sin cordón, sistemas de redes inalámbricas de área local y los sistemas inalámbricos fijos (FWS) especializados punto a punto (P-P) y punto a multipunto (P-MP), que ofrecen la conexión de "última milla" para ofrecer servicios de telefonía e Internet de banda ancha a los usuarios. Técnicamente se trata de utilizar una red de Estaciones Base que concentran el tráfico que le envían mediante radioenlaces hacia los diferentes terminales instalados en los abonados. Las estaciones base llevan dicho tráfico hasta la central de conmutación a través de las redes de transporte ya sea por fibra óptica u otro radioenlace.

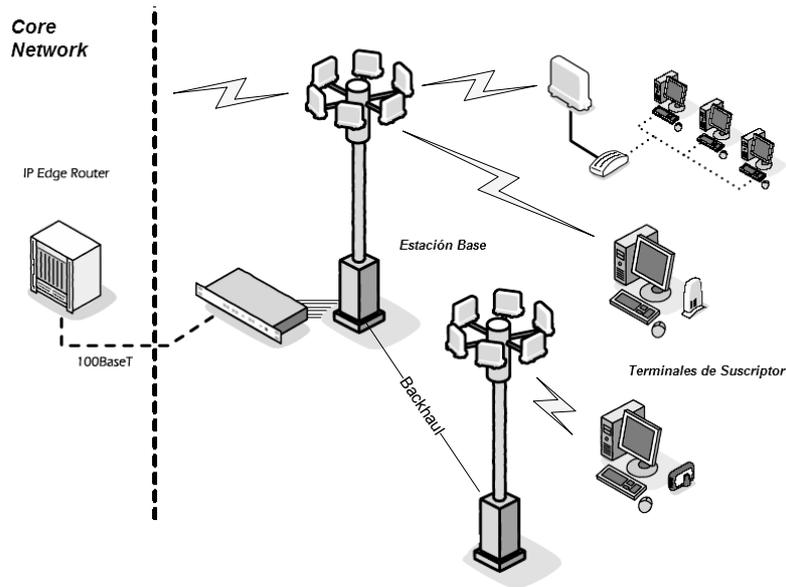


Figura 1.9. Esquema de una topología de acceso inalámbrico punto-multipunto

La Modulación Digital de Banda Ancha (Spread Spectrum), les permite utilizar una baja densidad espectral de potencia, que minimiza la posibilidad de interferencia desde y hacia otros sistemas; en tal virtud los sistemas de modulación digital de banda ancha pueden coexistir con sistemas de banda angosta, lo que hace posible aumentar la eficiencia de utilización del Espectro Radioeléctrico.

Las plataformas de acceso inalámbrico se pueden clasificar, según la tecnología que utilizan: aquellas que se basan en protocolos analógicos móviles, que poseen limitaciones para servicios avanzados, las basadas en protocolos digitales móviles, GSM, TDMA, CDMA, las basadas en inalámbricos como DECT, CT-2, y, por último las soluciones propietarias de algunos fabricantes [14].

Redes inalámbricas Wlan. La tecnología de Wifi [23], utiliza estándares de radio IEEE 802.11a/b/g ofreciendo seguridad, fiabilidad, y conectividad tanto entre equipos inalámbricos como en redes con hilos (utilizando IEEE 802.3 o Ethernet). Con una velocidad de 11Mbps (802.11b) o 54Mbps (802.11g), ofreciendo un funcionamiento similar al de una red Ethernet.

Las redes Wi-Fi operan en las bandas de 2.4 y 5 GHz (no es necesario disponer de licencia sobre las frecuencias, sin embargo la legislación local dispone ciertas normas para el uso de estas frecuencias las cuales a las cuales se hace referencia en el las Políticas de operación de servicios, véase Anexo 8.

Acceso inalámbrico de banda ancha. El FWA [14] es una aplicación de acceso inalámbrico, en la que los lugares del punto de conexión de usuario final y el punto de acceso a la red que se conectará con el usuario final están fijos. Actualmente, la transmisión de datos por acceso inalámbrico de banda ancha en circuitos individuales se efectúa a velocidades de 1,5 Mbit/s hasta 51 Mbit/s y se espera alcanzar al menos 310 Mbit/s en los próximos años, conforme aparezcan equipos de radiocomunicaciones con modulaciones de mayor velocidad.

Entre las diversas configuraciones posibles de red FWA de banda ancha cabe citar: P-P convencional, P-MP convencional, sus combinaciones, por ejemplo sistemas P-P instalados en configuraciones P-MP multisectoriales. Igualmente, la instalación de alta densidad de enlaces P-P independientes resulta en agrupaciones (clusters) que tienen las características fundamentales de una instalación P-MP. Estos sistemas FWA de banda ancha se instalan sobre todo en entornos densos urbanos, suburbanos, en los que los ángulos de elevación del trayecto de transmisión pueden alcanzar hasta unos 40° a 60° en las bandas de frecuencias superiores.

1.4.2.3. Sistemas Satelitales

Todos los sistemas anteriores están basados en las estaciones y unidades en tierra, sin embargo, existe otro campo de amplio desarrollo, los sistemas satelitales para las comunicaciones de voz, video y datos. Ofrecen la posibilidad de comunicaciones con un gran número de usuarios en áreas de cobertura geográfica amplia, llegando en ciertos casos a cubrir el planeta entero [22].

Los satélites en órbita geostacionaria (GEO) están posicionados alrededor de los 36000 Km. sobre la Tierra, y permanecen en una posición fija en relación a la superficie. Estos satélites son útiles para enlaces de radio punto a punto entre estaciones separadas ampliamente, y son usados comúnmente para la difusión de televisión. La desventaja de los satélites GEO esta en que la altitud en la que se ubican reduce enormemente la intensidad de la señal en el receptor, dificultando la comunicación de dos vías con transceptores pequeños. Los satélites de órbita baja (LEO), típicamente en el rango entre 500 a 2000 Km. Estas distancias reducidas permite la comunicación entre satélites y entre radios de mano, sin embargo una cobertura efectiva requiere un mayor numero de satélites en diferentes plano orbitales. Sin duda la aplicación más popular a nivel comercial de esta tecnología es la Televisión por satélite, que utiliza esta infraestructura para llevar canales provenientes de todo el mundo a los usuarios del servicio.

Como consideración a nivel aeropuerto, debe mencionarse que estos sistemas se mantienen para aplicaciones muy puntuales e imprescindibles dado el elevado costo de implementación y mantenimiento de estos sistemas. Actualmente se da preferencia para servicios de acceso global a las redes de información que utilizan como medio de salida el Internet.

CAPITULO 2

OPERACIÓN DE LOS SERVICIOS DE RADIOCOMUNICACIONES

Los servicios de Radiocomunicaciones en el Aeropuerto operan en una amplia porción del espectro de RF, se hace uso desde frecuencias HF en 5000 KHz. para enlaces Nacionales de voz, hasta enlaces Satelitales de Comunicaciones en 6 GHz con sitios remotos y estaciones de la red de aeropuertos AFTN para transporte de información relativa a las operaciones del aeródromo a nivel nacional e información metereológica mundial. En la figura 2.1. podemos ver de manera sencilla como se da la comunicación mediante la propagación de las ondas de radio. Dependiendo de la banda en que se trabaje, las componentes que intervienen en el enlace de comunicaciones varían, resultando en diferentes bondades y dificultades de mantener los enlaces en cada banda.

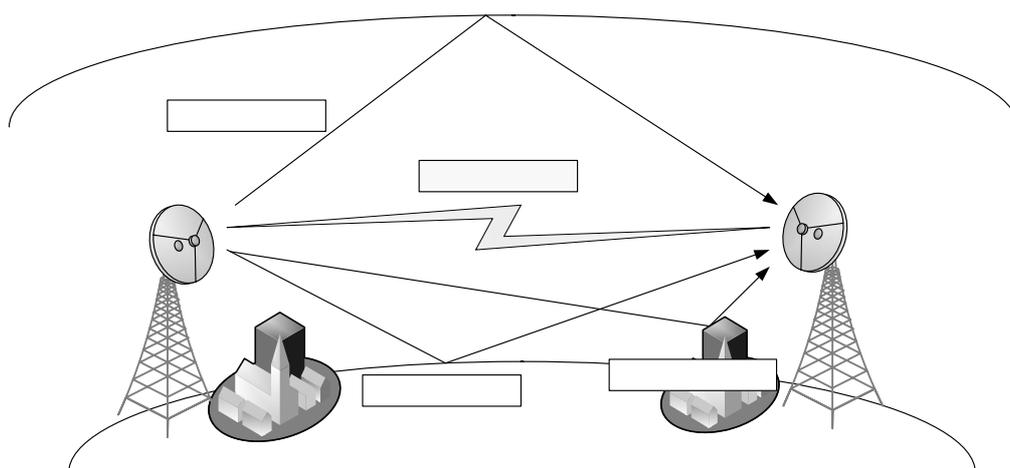


Figura 2.1. Propagación de ondas de Radio

En cuanto a los servicios, se diferencian dos categorías, aquellos que son de difusión libre y escucha general y las aplicaciones propias que mantienen una concesión sobre una frecuencia dada. En nuestro país la distribución completa del espectro se encuentra en el Plan Nacional de Frecuencias publicado por el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) [7], para una visualización mas detallada del espectro se resume la asignación de las bandas entre 3 MHz y 10 GHz en el Cuadro de atribución del Espectro del Anexo 2 de este documento, tomado del Plan Nacional de Frecuencias.

2.1. Características y Utilización del Espectro en HF

El modo de propagación dominante de las ondas de radio en HF es la propagación ionosférica, en la que, las ondas de radio se propagan mediante reflexiones sobre las capas ionizadas que circundan la Tierra, figura 2.1., en alturas comprendidas entre 90 y 500 Km. Se distinguen tres capas, la capa D que abarca desde los 50 a los 90 Km, la capa E que abarca desde los 90 a 150 Km y la capa F que es la capa superior de la ionosfera entre los 150 y 1000 Km. El conjunto de estas capas configuran la ionosfera [12], que se comporta como un repetidor pasivo para las ondas, invulnerable y accesible desde cualquier punto de la Tierra y de utilización gratuita. Estas transmisiones alcanzan distancias superiores a los 100 Km en condiciones donde se presentan obstáculos y condiciones atmosféricas poco favorables.

La **Alta Frecuencia (HF)**, esta definida en el rango de 3 a 30 MHz, las comunicaciones operan en Banda Lateral Única (SSB). Es utilizada en el caso del Aeropuerto, para sistemas de radio fijo-móvil de largo alcance y como respaldo a otros sistemas de comunicaciones. Tiene como ventaja principal el alcance o cobertura extendida y la economía en sus instalaciones. Sus desventajas consisten en la susceptibilidad al ruido, y los cambios en la propagación, debido a las variaciones de altura en la ionosfera, durante el día y la noche.

En la ionosfera se produce dispersión de potencia de las ondas de radio dadas las irregularidades de la misma, y se observa esta dispersión en la fluctuación al recibir las señales. La ionosfera influye de modo significativo la propagación de ondas de radio en frecuencias menores a los 30 MHz. En algunas frecuencias las ondas son absorbidas y en otras son reflejadas (refractadas). En otras ocasiones son dispersadas debido a las irregularidades de la ionosfera, resultando en severas dificultades para sostener un enlace de comunicaciones de calidad. La propagación ionosférica realiza una distinción y divide las bandas HF en dos tipos [12]:

- **Bandas nocturnas** que sufren una fuerte atenuación por absorción en la capa D. Al caer la noche, la capa D desaparece y la propagación en las bandas nocturnas aumenta considerablemente. Las bandas nocturnas están aproximadamente por debajo de longitudes de onda de 30 metros (10 MHz).
- **Bandas diurnas** a aquellas cuya propagación nocturna es nula. Estas bandas pierden la propagación pocas horas después de la caída del sol. Las bandas diurnas están situadas por encima de longitudes de onda de 30 metros (10 MHz).

Todo tipo de comunicaciones a media y larga distancia se efectúan en HF, pero dada su particular forma de propagación ionosférica que permite la recepción alrededor del mundo, se encuentran en esta banda mayormente servicios de alcance global. Este segmento del espectro también denominado **Onda Corta** es muy común y registra gran actividad, aunque ha sido fuertemente desplazado por el desarrollo y utilización de los satélites para aplicaciones similares.

Las emisoras fijas que se comunican entre puntos establecidos de la Tierra por medio de antenas direccionales ocupan aproximadamente el 48% del espectro de onda corta. Las emisoras marítimas móviles ocupan

aproximadamente el 17,5% de la banda total; para las emisoras de radiodifusión está reservado menos del 10% de la banda disponible, en igual porcentaje se encuentra la asignación para los radioaficionados; las **bandas aeronáuticas móviles** cubren aproximadamente el 8,5% del espectro y el resto se ha destinado a las emisoras terrestres móviles y las estaciones de frecuencia estándar.

2.1.1. Servicios de Radiocomunicaciones en HF.

Los servicios más comunes que se presentan en la banda de comunicaciones de HF, son comunicaciones de voz como los siguientes:

Radiodifusión (Broadcasting). Son emisiones es mayoritariamente en AM (Amplitud Modulada), pero algunas emisoras también transmiten en SSB y BLU (Banda Lateral Única).

Radioaficionados (Hams). También esta banda es utilizada por radioaficionados en pequeñas fracciones que abarcan desde los 3.500 a los 29.700 KHz.

Banda ciudadana. La banda ciudadana en onda corta ocupa las frecuencias entre 26.965 - 27.405 KHz (40 canales); se efectúan emisiones en AM, FM, LSB, USB.

Fijo-Móvil en HF. Las aplicaciones del servicio fijo móvil en HF son útiles a las comunicaciones aeroportuarias en cuanto al alcance que estas frecuencias ofrecen. Sin embargo su uso muchas veces esta limitado a enlaces de respaldo o de uso poco frecuente dada la facilidad de conexiones de voz de otra índole como lo son los sistemas troncalizados y las redes celulares. En HF, un equipo base y una antena de dimensiones medianas nos permite cubrir comunicaciones a nivel nacional. Son varios los segmentos del espectro HF en los que se adjudica este tipo de servicio, en el Anexo 2 se especifican los rangos en los cuales se concesionan frecuencias para este servicio.

En HF se definen rangos de frecuencia entre 2,8 MHz y 22 MHz para el servicio móvil de manera exclusiva para las aplicaciones aeronáuticas, según el Artículo S5 del reglamento de radiocomunicaciones de la UIT [30]. La OACI coordina las radiocomunicaciones del servicio móvil aeronáutico (R) en relación con las operaciones aeronáuticas internacionales y debería consultarse a esta organización para el empleo operacional de las frecuencias del Plan.

2.2. Características y Utilización del Espectro en VHF

En esta banda se produce la propagación por onda espacial troposférica, es decir las ondas de radio viajan a través del espacio libre entre los puntos en comunicación. Esta propagación es modificada por el suelo (reflexión y difracción) y por la troposfera (refracción, atenuación y dispersión), estos elementos se observan en la figura 2.1., con una atenuación adicional máxima de 1dB si la primera zona de Fresnel se encuentra libre, siendo favorable las condiciones en las que el enlace posee línea de vista (LOS).

Las antenas utilizadas en los sistemas que operan en esta banda deben de estar elevadas y poseen características bastante directivas en algunos casos. La altura a la que se ubican las antenas debe ser mucho mayor a la longitud de onda en la que se desea trabajar para tener una comunicación efectiva. Cuando la propagación es favorable, es posible recibir señales VHF a grandes distancias. Por ejemplo, es posible recibir canales de televisión de estaciones del país vecino a varios cientos de kilómetros de distancia y en la banda de radioaficionados es posible contactar estaciones a miles de kilómetros operando alrededor de los 52 MHz.

Las **Frecuencias VHF** están definidas en el rango de 30 a 300 MHz, muchos de los servicios operan con modulación de frecuencia (FM). Permite comunicaciones de voz, teniéndose también la posibilidad de transmisión de datos directamente a las aeronaves **VDL** (VHF data link). Presenta mayores ventajas que la banda de HF, tiene buena inmunidad al ruido, los transmisores

de baja potencia y antenas de dimensiones reducidas y fácil instalación, representan factores a tomar en cuenta el momento de operación de un servicio de radiocomunicaciones. Su principal desventaja es debida al requerimiento de línea de vista entre transmisores y receptores. En el aeropuerto, se encuentran instalados equipos de VHF en la torre de control del aeropuerto y los centros de control de las aerolíneas, como vinculo principal cuando las aeronaves están próximas al despegue o aterrizaje. El espacio abierto del aeropuerto y la ubicación elevada de las estaciones base o repetidoras VHF, favorecen las comunicaciones en esta banda y hacen que su utilización se mantenga.

2.2.1. Servicios de Radiocomunicaciones en VHF

De igual forma que en la banda de HF, en esta porción del espectro podemos diferenciar algunas aplicaciones comerciales y de uso general como son:

Televisión y Radiodifusión. Entre los 54 MHz y los 216 MHz se ubican las frecuencias asignadas a la televisión comercial; son los canales llamados "bajos" del 2 al 13. Entre los 88 y los 108 MHz se ubican las frecuencias asignadas a las radios comerciales en Frecuencia Modulada.

Radioaficionados. Entre 144 y 146 MHz, incluso 148 MHz en la Región 2, a la cual pertenece el Ecuador, encontramos las frecuencias de la banda de dos metros de Radioaficionados. Existen también dentro de las frecuencias de VHF las bandas para uso de radioaficionados de 6 metros (50 a 54 MHz) y la banda 1,25 metros (220 a 225 MHz).

Pero además de estas aplicaciones comerciales, a las cuales tienen acceso el público en general, la verdadera importancia de las comunicaciones en esta banda esta en la porción del espectro de VHF que le corresponde a las aplicaciones aeronáuticas, ya que en esta banda residen todas las

comunicaciones aire-tierra de vital importancia para las operaciones del aeródromo así como las ayudas a la navegación, que se apoyan en las frecuencias de radio de la banda de VHF para enlazarse con las aeronaves.

Radionavegación Aeronáutica. En la banda de VHF residen las radioayudas a la navegación de mayor importancia, esta asignación se establece de acuerdo a lo estipulado por el Anexo 10 de la OACI [20].

- En la banda entre 108 – 111,975 MHz, se ubica el ILS y el sistema VOR, contemplando que no exista una interferencia de canal adyacente, perjudicial al sistema del ILS.
- En la banda de 111,975 – 117,975 MHz, se ubica el VOR y el sistema de aumentación basado en tierra GBAS contemplando que no exista una interferencia de canal adyacente perjudicial al primero.

En el Anexo 10 en los adjuntos C y D de la OACI, se especifica las separaciones requeridas entre los sistemas de ILS, VOR y GBAS, para que no existan interferencias perjudiciales cuando se ubican en la misma banda.

Móvil Aeronáutico. Cuando las comunicaciones entre las aeronaves y los controladores de los aeropuertos son de corta distancia, especialmente en las maniobras de despegue y aterrizaje, estas se realizan en la banda Aérea de VHF. La misma se ubica entre **118 y 137 MHz**, estas frecuencias son utilizadas en las comunicaciones para la aviación general y el control del tráfico aéreo entre otros. Esta asignada para las comunicaciones de voz usando modulación en amplitud AM. El espaciamiento entre canales en esta banda esta establecido en 25 KHz, pero la congestión de la misma obliga a realizar subdivisiones menores en canales de 8.33 KHz en algunos casos [20].

La DGAC, es quien cursa mayormente comunicaciones en esta porción del espectro y garantiza espacios de comunicaciones libres de interferencias con las aeronaves. A nivel Aeropuerto cada Aerolínea posee una frecuencia de esta banda como vínculo de comunicación con su dependencia cuando la aeronave se encuentra próxima al despegue o aterrizaje. De igual forma, se ubican en esta banda todos los canales de comunicaciones entre los centros de control de cada aeródromo y las aeronaves para el control del tráfico aéreo y las operaciones de aeronaves en tierra, en tabla 2.1. se resume la subdivisión de la banda aérea y el propósito de cada frecuencia.

Tabla 2.1. Adjudicación de la Banda Aérea [20]

Grupo de Frecuencias (MHz)	Utilización Mundial
118-121,4 inclusive	Servicios móviles aeronáuticos nacionales e internacionales
121,5	Frecuencia de Emergencia
121,6 – 121,9917 inclusive	Comunicaciones de superficie en los aeródromos
122 – 123,05 inclusive	Servicios móviles aeronáuticos nacionales
123,1	Frecuencia auxiliar SAR
123,15 – 123,6917 inclusive	Servicios móviles aeronáuticos nacionales
123,45	Comunicaciones aire – aire
123,7 – 129,6917 inclusive	Servicios móviles aeronáuticos internacionales y nacionales
129,7 – 130,8917 inclusive	Servicios móviles aeronáuticos nacionales
130,9 – 136,875 inclusive	Servicios móviles aeronáuticos internacionales y nacionales
136,9 – 136,975	Reservada para las comunicaciones de enlace digital VHF

Consideraciones Relativas a la Operación en Banda Aérea.

- La separación geográfica entre instalaciones que trabajan en la misma frecuencia, cuando no se requiere uso común del canal por necesidad operativa, no debe ser inferior a la requerida para proporcionar la relación de señal deseada a no deseada de 14 dB o de 20 dB en regiones en las que la congestión no es un factor a considerar.

- La operación en banda aérea es en modo simplex de canal único en todas las estaciones que suministren servicios a aeronaves dedicadas a la navegación aérea internacional.
- El plan designado para esta banda, establece una lista de frecuencias disponibles para la asignación, define cinco grupos de frecuencias con una separación de 25 KHz y 8,33 KHz entre canales, las cuales están distribuidas regionalmente, región dos según división de la UIT. La canalización completa se puede revisar en el Anexo 3 de este documento.
- Existen varias consideraciones adicionales que afectan al despliegue de las frecuencias de comunicaciones en VHF consideradas por la OACI [20].

2.3. Características y Utilización del Espectro en UHF

Al igual que la banda de comunicaciones VHF, la propagación de las ondas de radio en UHF utiliza el espacio libre para la comunicación (propagación troposférica), figura 2.1. Esta banda es mucho más comercial que la banda de VHF y ubica una cantidad amplia de sistemas y servicios de diferente naturaleza y segmento de aplicación.

Las **frecuencias UHF** están definidas en el rango de 300 a 3000 MHz, son muy utilizadas en enlaces multicanales, análogos y digitales, constituyendo la columna vertebral de las operaciones en tierra, tanto a nivel administrativo como soporte para la seguridad y emergencias del aeródromo. Las instalaciones UHF en sitios elevados, obtienen enlaces de hasta 200 Km entre dos puntos con línea de vista. Como ventajas, tiene buena inmunidad al ruido y capacidad para el transporte de información, a partir de estas frecuencias el transporte de datos en formato digital de manera inalámbrica es muy utilizado especialmente en torno a las frecuencias superiores 1GHz. Sus desventajas radican esencialmente en el requerimiento de línea de vista entre transmisores y receptores y los costos superiores de equipos y estaciones base.

2.3.1. Servicios de Radiocomunicaciones en UHF

Dentro de las aplicaciones comunes en esta banda están, los enlaces de radio UHF, las aplicaciones de radar, ciertas ayudas a la navegación aérea, la Televisión, la telefonía móvil y los sistemas troncalizados.

Televisión: La banda de UHF es utilizada para la teledifusión en todo el mundo, tanto para la televisión abierta como para sistemas de TV codificada. Existen grandes diferencias entre la distribución de canales y frecuencias entre cada país y también hay que considerar los diferentes sistemas estándares que se utilizan para la emisión televisiva (PAL, NTSC, SECAM).

Telefonía móvil: Se utilizan diferentes rangos de frecuencias UHF según sus estándares entre **800 y 900 MHz**, a nivel local son dos las operadoras en este rango son, CONECEL S.A., que funciona en la banda A, el grupo de frecuencias comprendido entre los siguientes rangos, 824 a 835 MHz y 869 a 880 MHz, 845 a 846.5 MHz y 890 a 891.5 MHz. OTECEL S.A., que funciona en la banda B, el grupo de frecuencias comprendido entre los siguientes rangos: 835 a 845 MHz, 846.5 a 849 MHz, 880 a 890 MHz, 891.5 a 894 MHz.

Servicio Fijo-Móvil: Existen porciones fijas del espectro UHF designadas para el servicio fijo-móvil de radio. Sin embargo la banda mas utilizada para las aplicaciones comerciales de radio móvil terrestre concentra a los usuarios en torno a las frecuencias de 450 a 512 MHz. Estos son sistemas privados² y están destinados para uso exclusivo del usuario, en el Aeropuerto estos usuarios van desde concesionarios en locales comerciales, aerolíneas y la seguridad aeroportuaria.

Servicio Troncalizado. Un servicio troncalizado difiere del servicio fijo-móvil básicamente en la arquitectura del sistema de radio. Sin embargo una

² Son aquellos que están destinados para uso exclusivo del usuario

característica importante de un sistema troncalizado esta también en el rango de frecuencias en el que opera, estos comparten la banda entre los 800 y 900 MHz con la telefonía móvil. Son cuatro los rangos establecidos para la operación de este servicio: 806 a 824 MHz, 851 a 869 MHz, 896 a 898 MHz y 902 a 904 MHz.

La contratación de este tipo de servicio se la realiza a través de una de las empresas autorizadas por el CONATEL. En el Aeropuerto, existen 20 canales del servicio troncalizado en la banda de 806 a 824 MHz, asociados a varias de las empresas mencionadas.

Radioenlaces: Los radioenlaces en la banda UHF son cada día mas comunes, especialmente para los servicios de acceso inalámbrico de banda ancha. Inicialmente se utilizaban enlaces en frecuencias del servicio fijo para mantener intercambio de información con estaciones remotas.

Los enlaces por debajo de 1 GHz Son útiles para aplicaciones de telefonía y datos a baja velocidad, además la buena propagación ofrece ventajas para sistemas de larga distancia más allá del horizonte (sistemas rurales). Poseen un excelente nivel de fiabilidad de la cobertura, sin embargo tienen una disponibilidad limitada de ancho de banda. La dificultad principal esta en conseguir ganancias de antena elevadas con estructuras de antena pequeñas.

Dentro de Aeropuerto los radioenlaces UHF caen en una arquitectura de sistemas punto a punto o punto multipunto para acceso de información digital entre sitios remotos o acceso al Internet. La asignación de la banda de UHF para los sistemas de espectro ensanchado esta entre los 902 a 928 MHz y los 2400 a 2483,5 MHz. Cabe mencionar que son pocas las aplicaciones hoy en día en torno a los 900 MHz, ya que esta banda esta saturada por lo cual se extendió el uso a la banda de 2400 MHz y a frecuencias superiores como 5800 MHz.

Los enlaces en el rango de 1-3 GHz, se utilizan en aplicaciones de telefonía y datos a velocidad baja/media, presentan una buena propagación – trayecto transhorizonte limitado (particularmente adecuado para las aplicaciones tanto fijas como móviles); buena fiabilidad de la cobertura, disponibilidad moderada de anchura de banda, buena gama para las aplicaciones urbanas y rurales; las estructuras de antena pueden ser bastante pequeñas (tipo panel, celular) y los componentes son diversos y de fácil adquisición;

2.4. Características de las Frecuencias Superiores

A frecuencias superiores a los 3 GHz, se produce una propagación de ondas de radio exclusivamente de manera directa con LOS, sin embargo existe la posibilidad de implementar enlaces de largo alcance por reflexión o a través de satélites artificiales. La gama de frecuencias entre los 3 a los 30 GHz recibe el nombre de SHF (Super High Frequencies) y es en esta banda en donde se dan algunas comunicaciones de interés para el entorno Aeroportuario bajo aplicaciones satelitales y de radar.

En comparación con las frecuencias menores, a partir de 1 GHz, se usan anchos de banda mucho mayores. Estas frecuencias se ubican en el rango de las denominadas microondas que a su vez están divididas en otras bandas que se mencionan a continuación [22]:

Banda L. Utiliza las frecuencias de **1,5 a 2,7 GHz**. Los satélites GPS³ transmiten en esta banda, proporcionando un sistema de posicionamiento ininterrumpido mediante el uso de una red de satélites de los que se obtienen datos extremadamente precisos de posición (en el plano y altura), velocidad y datos horarios en cualquier parte del mundo. Una parte de esta banda, entre 2,5 y 2,7 GHz se utiliza en muchos países para la difusión en MMDS.

³ GPS es un sistema satelital de posicionamiento global

Banda S. La gama frecuencias en banda S va desde los **2,7 a 3,5 GHz**. Este tipo de frecuencias son explotadas sobre todo para los enlaces intercontinentales de telecomunicación.

Banda C. Esta definida para los satélites que utilizan las frecuencias de **3,7 a 4,2 GHz**. La potencia de emisión es relativamente débil, por ello necesita antenas parabólicas de gran tamaño para su recepción. Se utiliza mucho en estaciones terrenas satelitales y vsats.

Banda X. Gama que cubre las frecuencias de **7,25 a 8,40 GHz**. Esta banda está reservada exclusivamente para usos militares.

Banda K. Gama de frecuencias entre **10,7 y 36 GHz**. Esta banda esta a su vez dividida en banda Ku y banda Ka:

- Banda Ku: Esta gama, utilizada por la televisión y la radio, se extiende de **10,70 a 12,75 GHz**. Es la banda más extendida en Europa, teniendo en cuenta del pequeño tamaño de las parabólicas necesarias para su recepción.
- Banda Ka: Esta gama de frecuencias se utiliza mucho para la transmisión de datos. Esta en el rango de **20 a 30 GHz**.

Los enlaces en el rango de 3-10 GHz para aplicaciones de voz y datos pueden alcanzar altas velocidades, si bien la propagación requiere línea de vista, las ondas viajan a través del follaje de una manera relativamente buena, extendiendo el salto entre los puntos a comunicarse. El vano de los enlaces es generalmente inferior a los 20 Km para sistemas punto-multipunto, pero superior para sistemas punto a punto. Esta banda es adecuada para las aplicaciones FWA que emplean antenas de ganancia elevada en la estación de base y en la estación de abonado, los sistemas de espectro ensanchado en el Aeropuerto dentro de esta banda están alrededor de los 5,700 GHz.

Otras aplicaciones a frecuencias superiores incluyen los sistemas satelitales de meteorología y la recepción de televisión por satélite así como el transporte de la información de la red de aeropuertos AFTN. Las frecuencias de trabajo de estos sistemas se pueden revisar en el Mapa espectral del Aeropuerto en el Anexo 4 de este documento.

2.5. Utilización del Espectro en el Aeropuerto Mariscal Sucre

Si bien el uso del espectro no está limitado al contorno del Aeropuerto, es importante mantener dentro de este entorno y los alrededores una visión clara de las frecuencias en uso y su incidencia en las operaciones del aeródromo, una interferencia ilegal o el mal uso de otros usuarios ajenos al aeropuerto de este recurso tendrían implicaciones serias en el desenvolvimiento de las actividades diarias.

2.5.1. Generalidades acerca del Espectro Radioeléctrico

El Espectro Radioeléctrico es un recurso natural e intangible, responde a la capacidad del ambiente de transmitir las ondas electromagnéticas de varias frecuencias. Las ondas de las frecuencias entre 9 KHz y 300 GHz viajan en un rango del espectro llamado "El Espectro de Radio". Se transportan señales de casi todas las formas de comunicaciones electrónicas como alternativa al transporte por cable. El espectro de Radio es heterogéneo, algunas frecuencias son más apropiadas para algunos usos que otras. La disponibilidad de equipamiento apropiado y el desarrollo de la tecnología limitan también el uso de ciertas porciones del espectro, dados elevados costos y escasez de componentes.

Adjudicación del Espectro. La adjudicación del espectro tiene que ver con división en Bloques o Bandas que son luego divididos en canales de ancho de banda variable. La adjudicación del espectro es el proceso de definir bandas particulares y designar los servicios que se pueden proveer en esas bandas (Plan Nacional de Frecuencias).

Asignación. La asignación representa la Autorización para utilizar una frecuencia dada bajo condiciones resueltas en un límite geográfico establecido, garantizado la exclusividad de uso de una frecuencia dada al usuario con el cual la SNT ha suscrito el contrato respectivo.

Administración del Espectro. El proceso global de regular y administrar el uso del espectro tiene como meta maximizar la eficiencia y minimizar las interferencias, para esto se utilizan como herramientas, Reglas y Regulaciones. Se establecen bases de datos de información y se utilizan herramientas informáticas para la planeación, adjudicación, licenciamiento, administración y monitoreo del espectro.

En el Ecuador, la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones (SNT) realiza la administración y gestión del espectro radioeléctrico de acuerdo a las políticas dictadas por el CONATEL, mediante la aplicación del Plan Nacional de Frecuencias. Todo servicio de Radiocomunicación debe tener la autorización correspondiente de la SNT, mientras que el control y monitoreo del espectro y de los sistemas y servicios de radiocomunicación lo realizará la SUPTEL (Superintendencia de Telecomunicaciones).

El departamento de Telecomunicaciones de ADC & HAS Management, será quien de manera local vele por el cumplimiento de las reglas y regulaciones establecidas y controle el desarrollo de las Radiocomunicaciones en el Aeropuerto.

2.5.2. Mapa Espectral del Aeropuerto

El mapa espectral del aeropuerto es un resumen de las frecuencias utilizadas por los servicios de radiocomunicaciones a nivel Aeropuerto. Se realiza una distinción entre las bandas adjudicadas dentro de este rango de frecuencias y los servicios particulares que operan en frecuencias puntuales

dentro de estas bandas, asignados a usuarios determinados dentro del Aeropuerto.

Se mantiene el orden y la clasificación general establecida por los rangos HF, VHF, UHF y frecuencias superiores, así como se mencionan las bandas adjudicadas en el Plan Nacional de Frecuencias del CONATEL de importancia para las comunicaciones de radio en el Aeropuerto.

El Anexo 4 presenta este mapa espectral en el rango de frecuencias entre 2,8 y 6000 MHz, frecuencias recopiladas mediante inspecciones, consultas y mediciones realizadas en las diferentes dependencias del Aeropuerto, todas estas comunicaciones se relacionan directa o indirectamente con las operaciones del aeródromo y soportan las actividades diarias del mismo.

CAPITULO 3

INFRAESTRUCTURA DE RADIOCOMUNICACIONES

El Aeropuerto consta de una serie de terrazas, azoteas y áreas abiertas donde a lo largo de los años se ha ido instalando infraestructura asociada a las comunicaciones vía radio. Este capítulo pretende resumir las características e información asociada a los elementos instalados y los diferentes tipos y usos que estos tienen, así como explicar el desarrollo del mapa digital de antenas elaborado para localización e identificación de las mismas.

3.1. Estructuras de Soporte

El diseño, cálculo, fabricación y montaje de las estructuras de acero para antenas o que sean soportes de antenas de sistemas de comunicaciones, microondas, VHF, UHF, TV, etc., requiere el conocimiento adecuado de los métodos de cálculo, materiales utilizados, técnicas de fabricación y montaje de este tipo de estructuras. Por ello, el proyecto, cálculo y dirección de los trabajos de construcción y montaje de la estructura deben ser realizados por profesionales y la fabricación y montaje por empresas con técnicos y operarios calificados, que garanticen la correcta ejecución de la obra.

Si bien la instalación de una antena puede ajustarse y montarse sobre las edificaciones ya establecidas, se recomienda y en algunos casos es indispensable el uso de una estructura adicional de soporte, principalmente para garantizar la altura necesaria un correcto establecimiento de los enlaces de radio, los elementos de soporte comunes son los mástiles y las torres.

3.1.1. Mástiles

Son estructuras de celosías o tubos de chapa de acero, arriostradas a tierra mediante cables tensados (vientos), generalmente de sección constante, cuadrada, triangular o circular. El extremo inferior del mástil puede estar articulado o empotrado, su uso esta restringido a alturas pequeñas (inferior a 3 metros) e instalaciones puntuales de una sola antena. Esta estructura es mucho mas barata, sencilla de instalar y práctica para muchos casos, sin embargo, la instalación en una torre es indispensable cuando se desea ganar altura y seguridad de la instalación.

3.1.2. Torres

Son estructuras de ensamblaje por tramos de acuerdo a la altura requerida, estas pueden ser autosoportadas, sin cables de tensado, empotradas en el suelo, ó también de estructura ligera y arriostradas a tierra. Estas sirven de sostén a un grupo de antenas, por lo general se ubica una torre cuando se requiere alcanzar alturas superiores a los 3 metros en los enlaces de comunicaciones y como medio de organización de un patio de antenas.

3.1.2.1. Criterio de Selección de una Torre.

Los diferentes estilos de torre poseen varias características que se ajustan a los requerimientos de montaje de antenas y de posicionamiento, sin embargo, son dos las consideraciones más significativas al momento de escoger el tipo de torre para cada aplicación:

- **Carga de Antenas en la Instalación.** Dependiendo de las regulaciones locales y los criterios de posicionamiento dentro del Aeropuerto, OACI [21], la característica base involucra que la torre debe soportar velocidades máximas del viento en la estructura bajo normas como la EIA [3]. Por lo cual la carga de antenas en la torre debe considerarse al momento de selección ya que estas junto con los elementos de montaje (brazos, acoples, cables)

incrementan la superficie expuesta a la fuerza del viento y demandan una instalación mas robusta.

- **La Huella de la Torre.** La huella de la torre es la superficie o espacio de terreno que se requiere para la instalación. Como regla general se tiene que, mientras menor sea la base de la torre, será más costoso la adquisición e instalación de la misma. Los monopolos poseen la menor huella de todas las implementaciones, seguidos por las torres autosoportadas y finalmente por las torres arriostradas, por lo cual los monopolos son usados generalmente en áreas urbanas, las torres arriostradas en áreas abiertas y las autosoportadas en todo tipo de entorno.

3.1.2.2. Monopolos.

Los monopolos son utilizados generalmente en un ambiente urbano, donde el espacio para montaje es muy limitado. El monopolo es una estructura de postes huecos apilados hecha de acero galvanizado, que puede levantarse alrededor de 60 m (dependiendo de la carga de antenas) con una huella máxima de 2 m, reduciendo considerablemente el requerimiento de espacio físico para el montaje.

Actualmente en el Aeropuerto no se encuentran instaladas torres de este tipo designadas exclusivamente para el montaje de antenas, sin embargo un ejemplo claro de este tipo de estructura son todas las torres de iluminación ubicadas frente a las mangas de embarque de pasajeros del terminal internacional, como se puede observar en la figura 3.1, las mismas sirven también en algunos casos para soporte de antenas.



Figura 3.1. Estructuras de soporte tipo monopolo

3.1.2.3. Torres Autoportadas.

Las torres autoportadas poseen una huella mayor a los monopolos, pero menor a las torres arriostradas; Su implementación más común es una torre de tres lados, ensamblada en secciones con tres parantes bases y brazos cruzados que forman la estructura. Mientras mayor sea la base, mayor será la carga de antenas que soporte la torre. Este tipo de Torre se instala fundamentalmente cuando las limitaciones de terreno son importantes y/o cuando la cantidad y dimensiones de las antenas así lo obligan, no requieren de anclajes para soportar la estructura.

La estructura deberá de contar con una cimentación adecuada para poder resistir las fuerzas a las que están sometidas, la geometría de estas torres depende de la altura, la ubicación y del fabricante de la torre. Son de uso común en las estaciones base celular y repetidoras de los sistemas fijo-móviles, están caracterizadas principalmente por la resistencia al viento soportada llegando a velocidades de hasta 250 Km/h. En el Aeropuerto existen

también de este tipo de estructuras fundamentalmente como soporte para la iluminación en plataformas de carga y aviación general incluyendo en algunos casos soporte para antenas de varios tipos, un ejemplo de ello se puede ver en la figura 3.2. esta torre de iluminación en EMSA⁴ da soporte a las antenas de la dependencia.



Figura 3.2. Estructuras autoportadas

3.1.2.4. Torres Arriostrables.

Las torres arriostradas requieren superficies mayores para su instalación, permiten levantar estructuras muy altas y una carga de antenas superior. Conservan la estructura típica de tres lados y secciones de 3 metros apiladas la una sobre la otra. Estas torres se aseguran en cada lado con cables tensores alejados de la base de la torre. A diferencia de las otras opciones, las torres arriostradas no se angostan a medida que crecen en altura, cada sección conserva el mismo ancho con varas cruzadas soldadas que mantienen la integridad de la estructura, este tipo de estructura se instaló en la terraza de oficinas para reubicación de antenas en mástiles para dar un mayor orden y mejor soporte a las antenas, un ejemplo son las de la figura 3.3.

⁴ EMSA es una empresa de servicios aeroportuarios para aerolíneas



Figura 3.3. Estructuras de soporte arriostrables

Emplazamiento base de la Torre. La torre se supone situada sobre un suelo plano, en situación normal, para soportar las cargas dinámicas de trabajo normales según las normas internacionales [3]. Se debe elegir la posición de la base y de los puntos de anclaje de vientos en el terreno como se indica en la figura 3.4., teniendo en cuenta la altura de la torre a instalar para determinar las distancias de la base a los anclajes (indicadas en la tabla de características para cada torre).

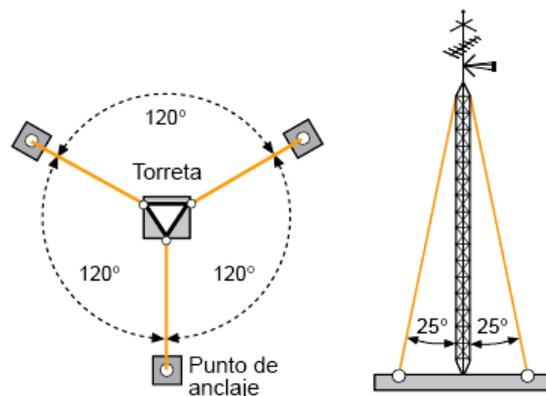


Figura 3.4. Esquema de instalación base para torres

Base de la torre La base de la torre deberá embutirse en una zapata de hormigón al tratarse de terreno suelto, o empernada al suelo al tratarse de superficies de hormigón sólidas, como puede observarse en la figura 3.5. En el caso de realizarse la cimentación, la zapata deberá sobresalir del suelo unos 10 cm. aproximadamente, las dimensiones (largo x ancho x alto) varían en función de la resistencia del terreno y de la carga vertical sobre la base. Cuando la instalación de la torre se efectúe sobre tejado, azotea u otro lugar de un edificio, el instalador debe tomar todas las precauciones necesarias de acuerdo con el arquitecto responsable del edificio, a fin de conocer la resistencia mecánica de estas zonas.



Figura 3.5. Soporte de hormigón para la torre

Anclajes de vientos sobre el terreno. Los tres puntos de anclaje (seis en el caso de torres de altura superior a los 35m). Deben colocarse radialmente teniendo como centro el eje de la torre, como se puede ver en la figura 3.6. Las distancias entre la base y los anclajes dependen del tipo de estructura que se este utilizando y de las dimensiones específicas de la torre a instalar. Los puntos de anclaje están separados entre sí un arco de 120° sobre el plano horizontal de la base. Este posicionamiento deberá observarse rigurosamente, pues condiciona la seguridad del arriostramiento de la torre. Los anclajes de vientos sobre muros, vigas metálicas, pilares de hormigón, etc., serán objeto de cálculo apropiado y el instalador tomará todas las precauciones necesarias para garantizar la seguridad del anclaje.

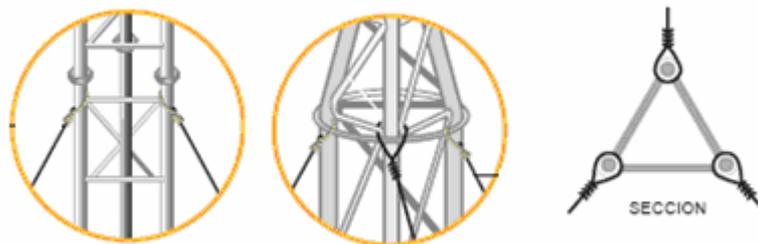


Figura 3.6. Colocación de vientos en la torre

Como medida general debe de tomarse en cuenta que la altura a la cual se coloca el viento en la torre debe guardar una relación de 2:1 con la separación entre la torre y los puntos de anclaje.

Instalación de la torre. Previo al montaje de la torre se deben preparar las partes para el emplazamiento, se fabrican los tramos, se prepararán los vientos en el taller, cortándolos a su medida (indicada en la tabla de características técnicas de la torre), además se preparan los tramos con el galvanizado y una primera mano de pintura.

Ya en el lugar de instalación, se engrasarán todos los racores roscados de unión entre los diferentes tramos y se fijarán los vientos en los puntos de anclaje del tramo que corresponda.

Para el montaje de la torre se pueden seguir dos métodos prácticos dependientes de la facilidad para la instalación y la altura de la torre.

Tramo a tramo. Consiste en fijar a la base el tramo inferior y colocarlo en posición vertical nivelándolo, posteriormente se van montando los tramos intermedios sucesivos, que estarán equipados con los vientos correspondientes; el montaje se realiza escalando los tramos ya colocados e izando posteriormente el tramo que se va a colocar, haciendo uso de maquinaria para elevación de los tramos. La escalada deberá realizarse con los medios de seguridad adecuados (cinturón de seguridad, anclajes etc.) y no se dejarán más de dos tramos seguidos sin arriostrar, cuando coincidan dos

tramos sin vientos, se utilizarán vientos auxiliares para el arriostamiento de los tramos durante el montaje. La torre se irá nivelando mediante el ajuste de la tensión de los vientos y la utilización de los aparatos de nivelación convenientes.

Torre completa. Consiste en montar la torre previamente sobre el terreno e izarla una vez montada mediante una grúa. Este sistema se puede utilizar exclusivamente con torres de altura inferior 26 m o menos dependiendo del peso y tipo de torre.

3.1.2.5. Señalización y Ubicación en el Aeródromo

La instalación de una torre de comunicaciones en la cercanía del Aeropuerto involucra tener en cuenta criterios que restringen su posicionamiento y limitan la altura y ubicación de la torre. Todos se estos criterios se detallan en el Anexo 14, Capítulo 4 de la OACI [21].

Debe señalarse todo obstáculo fijo que sobresalga de una superficie de ascenso en el despegue, dentro de la distancia comprendida entre 3000 m del borde interior de la superficie de ascenso en el despegue y debería iluminarse si la pista se utiliza por la noche. Debe señalarse todo objeto fijo, que no sea un obstáculo, situado en la proximidad de una superficie de ascenso en el despegue y debería iluminarse si la pista es de uso nocturno. La finalidad de señalamiento e iluminación de los obstáculos tiene por objeto minimizar los peligros que pueden constituir para las aeronaves, indicándole a las mismas la presencia de un obstáculo.

De igual forma, los tramos de la torre deberán pintarse alternativamente en colores blanco y rojo aeronáuticos, siendo de este último color los extremos, con el fin de ser fácilmente distinguidos durante el día y de acuerdo con las normas de la OACI. Para alturas de torres comprendidas entre 1,5 m y 210 m las franjas pintadas sobre la torre deben corresponder a 1/7 de la dimensión total de la torre.

Las balizas son elementos adicionales de señalización que se colocan sobre los objetos o en posiciones adyacentes de manera muy visible, de tal forma que identifiquen claramente el objeto desde una distancia de al menos 1000 m, tratándose de objetos que se vean desde el aire y desde una distancia de 300 m tratándose de objetos que se vean desde tierra, en todas las direcciones en que sea probable que las aeronaves se aproximen al objeto.

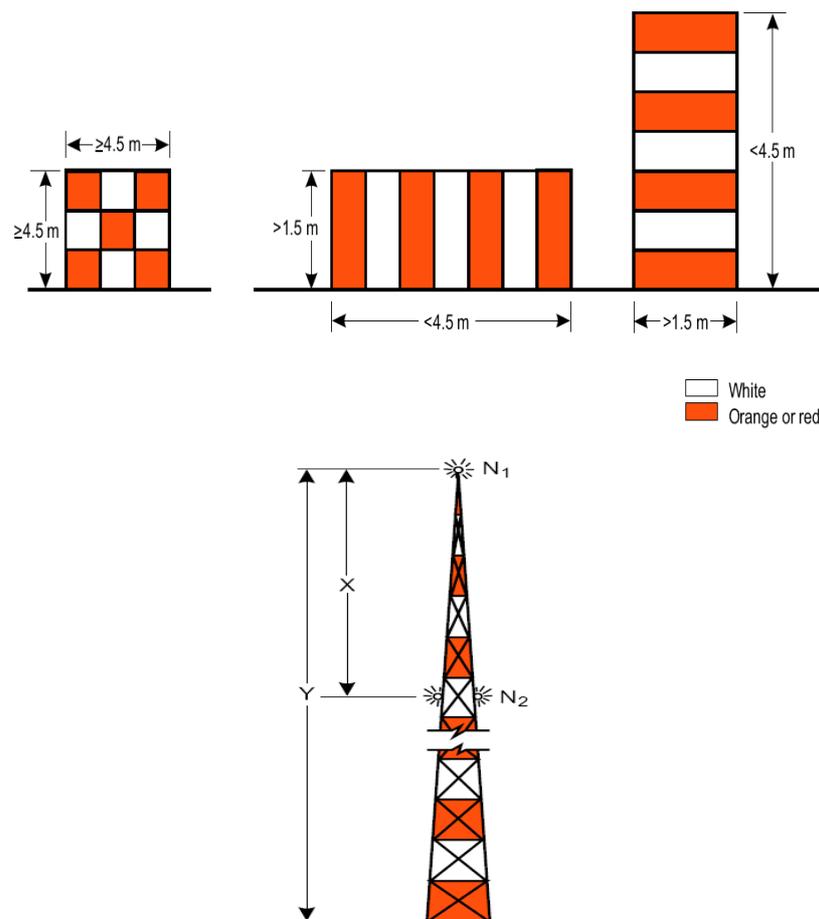


Figura 3.7. Señalización de estructuras elevadas

Para una referencia mayor sobre la utilización de ayudas visuales indicadoras de obstáculos, refiérase al Capítulo 6 del Anexo 14 de la OACI [20].

3.1.2.6. Mantenimiento

Para garantizar una protección elevada y una larga duración, conviene aplicar un revestimiento a base de pintura. Actualmente, se considera que la mejor protección es la que se obtiene aplicando una primera capa que actúe como protección química como, por ejemplo, pintura al cromato de Zinc, y una segunda capa de acabado para asegurar una buena protección mecánica como, por ejemplo, una pintura sintética epoxídica ó poliuretánica. Cada capa puede constar de varias manos. Se recomienda revisar la instalación al menos una vez al año verificando anclajes y estado general de la estructura.

3.2. Antenas Utilizadas en el Aeropuerto

Se ha encontrado gran variedad de modelos y tipos de antenas instaladas, esta sección hace referencia a las mismas de acuerdo a su clasificación general. No se especifica las características de cada antena en particular.

3.2.1. Generalidades

Una antena es una estructura acoplada a la salida del equipo de comunicaciones cuya función es el enlace vía radio entre transmisores ya sean estos fijos o móviles. Cada antena posee un margen de frecuencias dentro del cual mantiene sin modificaciones o pérdidas sus características radioeléctricas, a este margen se lo denomina **ancho de banda**. A más de ancho de banda, entre las características más importantes que definen a una antena tenemos:

ROE. Relación entre la potencia transmitida y la reflejada por la antena, también llamada VSWR (Voltaje Standing Wave Ratio). Este parámetro indica el grado de adaptación entre la antena y el equipo.

Ganancia (dBi). Relación existente entre el campo electromagnético generado por una antena en una dirección, respecto a una antena tomada como patrón.

Polarización. Sentido de propagación de la componente de campo eléctrico de la onda electromagnética que viene determinado por el posicionamiento de la antena. Puede ser vertical u horizontal.

Directividad. Se refiere a la habilidad de la antena para concentrar la potencia incidente en el lóbulo frontal. Este lóbulo que es típicamente diferente del plano horizontal al vertical, otorga a la antena la capacidad de rechazar señales incidentes desde direcciones o fuentes no deseadas tales como CB bandas, busca personas y aparatos eléctricos.

Ancho de Haz (grados). Angulo de apertura del módulo de radiación principal de la antena formado por los puntos donde el nivel se reduce a 3 dB. Es un parámetro característico de directividad

3.2.2. Características de las Antenas Utilizadas

Las antenas pueden clasificarse en base a varios criterios, uno de ellos es en base a la frecuencia de operación. Otros criterios incluyen el tipo de estructura física y el tipo de diseño en base a las características electromagnéticas de la antena.

Las antenas omnidireccionales usadas comúnmente en los sistemas de radio móviles, tanto en estaciones base como en unidades móviles, representan apenas una pequeña porción de todos los tipos de antenas existentes, sin embargo, a nivel aeropuerto estas son las mas utilizadas debido al amplio uso del servicio fijo-móvil en las entidades del entorno aeroportuario.

Los diseños más sencillos, incluyen dipolos básicos y monopolos. Diseños más complejos consisten de arreglos direccionales de elementos que utilizan un elemento activo y varios pasivos como en una antena tipo Yagui o

una antena tipo panel para enlaces de espectro ensanchado. Luego de una inspección de las instalaciones de Radiocomunicaciones en el Aeropuerto se determinó que el uso de antenas esta restringido a los tipos que se mencionan a continuación.

3.2.2.1. Dipolos y Monopolos

El dipolo vertical, o su equivalente electromagnético, el monopolo puede ser considerado una de las mejores opciones para los sistemas de radio móviles. Son elementos radiantes omnidireccionales y proyectan una ganancia de 0 dBd o 2.15 dBi en el plano horizontal en sus implementaciones mas sencillas [32].

Aplicación de Estación Base. Para la instalación de una estación base, se requiere un patrón omnidireccional de radiación, existen dos implementaciones prácticas del dipolo vertical. El primer tipo es la antena tipo manga, figura 3.8a que es un dipolo vertical con el alimentador (línea de transmisión) entrando por un extremo de un elemento hueco. El segundo tipo es un monopolo sobre un plano de tierra, figura 3.8b, usa un grupo varas metálicas para proveer el plano de tierra y completar el camino eléctrico para la circulación de la corriente, acortando la longitud real del elemento radiante.

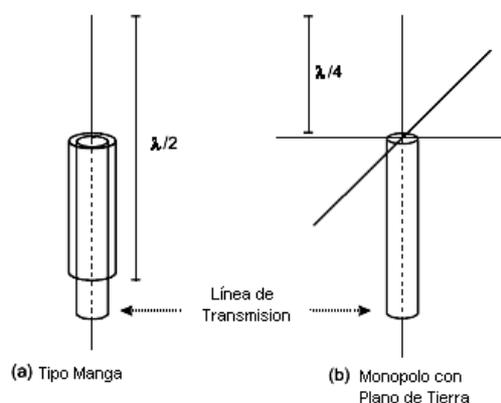




Figura 3.8. Antenas típicas para aplicación de estación base servicio fijo-móvil UHF

Una variación de la antena tipo dipolo es el dipolo doblado. Su patrón de radiación es muy similar al de un dipolo simple, pero su impedancia es superior y posee un ancho de banda mayor. Los patrones de radiación de una antena se generan a partir de una superposición de los campos generados por sus elementos, el dipolo simple es la base para estos patrones de radiación, la figura 3.9. muestra el patrón de radiación⁵ típico del dipolo mostrando las características base de una antena de este tipo.

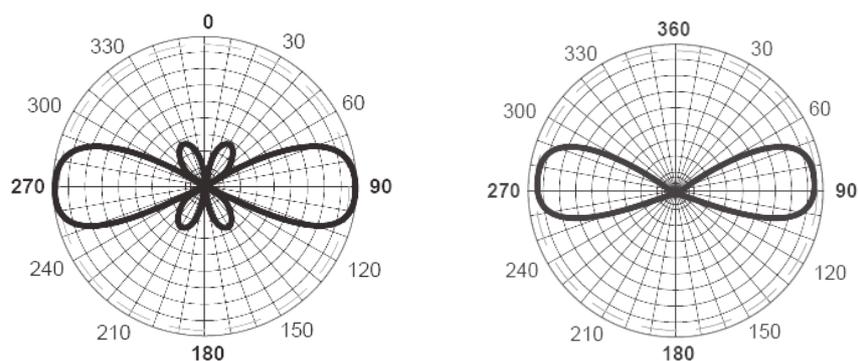
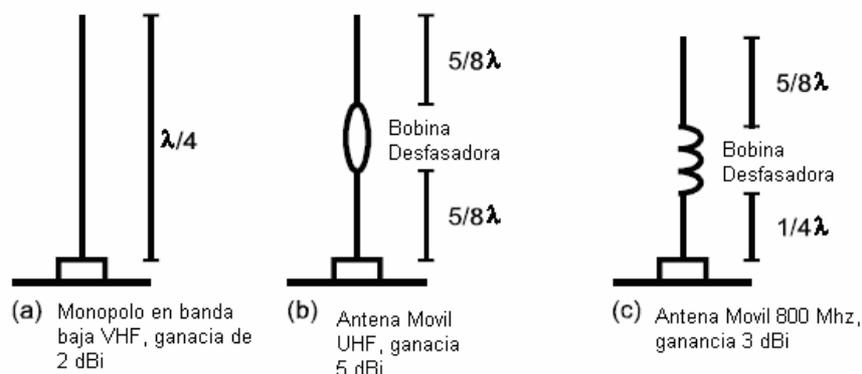


Figura 3.9. Lóbulos de Radiación Típicos de una antena a) tipo manga b) con plano de tierra

⁵ El patrón de radiación muestra un modelo de la propagación de las ondas de radio en el espacio

Los patrones de radiación de ambos tipos de dipolos son semejantes con la diferencia de que la primera presenta lóbulos secundarios significativos que contribuyen a la comunicación y posee un ancho de haz superior. La utilización de una u otra implementación dependen mucho del requerimiento de la aplicación puntual, ya que si bien ambas pueden servir para el mismo propósito alguna de las dos ofrecerá un mejor desempeño al sistema.

Aplicaciones Móviles. Casi todas las antenas montadas en vehículos son monopolos sobre una superficie relativamente plana. En este tipo de aplicaciones la antena tipo monopolo es llamada comúnmente tipo “látigo”, las antenas tipo látigo pueden instalarse conjuntamente con elementos radiales que formen el plano de tierra⁶ de la antena o bien hacen uso de la superficie sobre la que se instalan para formar el plano de tierra. En la banda baja VHF, un monopolo de un cuarto de onda puede medir 2.5 m. Sin embargo, un inductor (bobina) en la base del monopolo añade longitud eléctrica, de tal forma que la antena puede acortarse, figura 3.10a. Aunque este tipo de antena con carga parece ser de cuarto de onda, esta tendrá una ganancia un poco menor a un verdadero monopolo de longitud de cuarto de onda. Esta desventaja puede ser de cierta forma compensada, con la habilidad de montar la antena en el centro de una superficie que actuará como un plano de tierra aceptable (ej. El techo o el maletero del vehiculo).



⁶ El plano de tierra acorta la longitud física del elemento radiante



Figura 3.10. Antenas tipo látigo para aplicaciones móviles

En su mayoría las antenas utilizadas en vehículos en la banda de VHF alta, son monopolos de cuarto de longitud de onda. Por ejemplo a 150 MHz se requiere una antena tipo látigo de aproximadamente 0.5 m. Monopolos de media longitud de onda y de 5/8 también son utilizados, pero requieren algún tipo de red de acoplamiento (inductores o capacitores) entre la antena y la línea de transmisión. Estas antenas de mayor longitud tienen una ganancia aproximada de 3dBi.

En la banda de UHF, una antena tipo látigo de cuarto de longitud de onda tiene aproximadamente 15 cm de longitud. Dado que esta longitud es muy pequeña, algunas consideraciones de diseño pueden ser usadas para incrementar la ganancia. Por ejemplo, dos monopolos de 5/8 de longitud de onda pueden ser apilados con una bobina de acoplamiento entre ellos fig. 3.10.b, proveyendo una ganancia aproximada de 5 dBi.

El patrón de radiación horizontal del monopolo es idealmente circular. Sin embargo, en la práctica el patrón de radiación en el plano horizontal generalmente no es omnidireccional, como se observa en la figura 3.11. especialmente en las aplicaciones móviles, donde la porción del vehículo usado como plano de tierra no es simétrica, y usualmente existen otras obstrucciones.

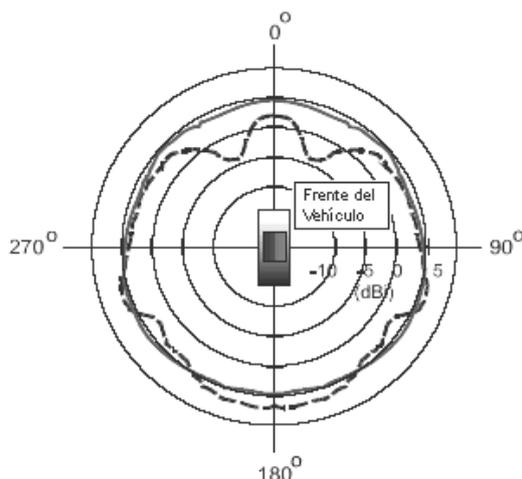


Figura 3.11. Patrón de radiación, antena tipo látigo en 840 MHz colocada en el centro del techo del vehículo.

3.2.2.2. Antena Tipo Yagui

Un diseño de antena ampliamente utilizado es el de tipo Yagi que utiliza elementos pasivos formando un arreglo. Son antenas construidas con dipolos paralelos, en las que sólo se alimenta uno ("excitador", activo) de forma directa, haciendo a los demás ("parásitos", cortocircuitados) a través de los acoplamientos mutuos. La corriente que circula en el elemento activo⁷ irradia un campo electromagnético, el cual induce corrientes en los "elementos parásitos" de la antena. Las corrientes inducidas en esos elementos irradian también campos electromagnéticos que a su vez inducen corrientes en los demás. Finalmente la corriente que circula en cada uno de los elementos es el resultado de la interacción entre todos los elementos. Esta antena es de bajo costo y efectiva, puede construirse con uno o varios elementos reflectores y uno o varios elementos directores.

⁷ Se denomina elemento activo a aquel que se conecta directamente a la guía de onda proveniente del equipo transmisor

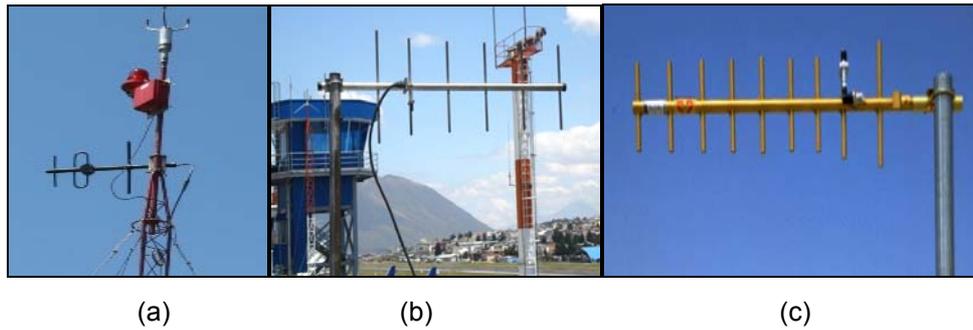


Figura 3.12. Antenas tipo Yagi instaladas en el ATO

La figura 3.12.c muestra una antena Yagi con un elemento reflector, un dipolo doblado como elemento activo, para aumentar la impedancia de entrada y el ancho de banda, y siete elementos directores montados para polarización horizontal. Generalmente, mientras mas elementos tenga la antena tipo Yagi, mayor será la ganancia y menor el ancho del haz principal. Son usadas comúnmente para aplicaciones punto a punto, como entre estaciones base y estaciones repetidoras, donde se requiere un sistema radiante de elevada ganancia y directividad.

Tabla 3.1. Ganancia de Antenas Tipo Yagi

N° de Elementos	Ganancia (dBi)
3	9.4
4	10.7
5	11
6	11.9
7	12.7

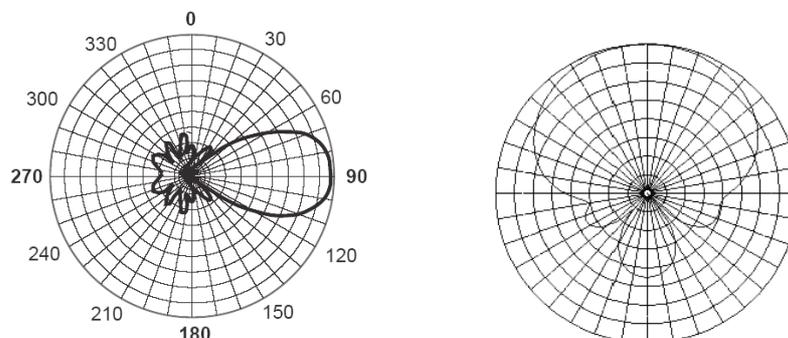


Figura 3.13. Patrones de Radiación Antenas Yagi de 7 y 3 elementos

Como se observa en los patrones de radiación de la figura 3.13., este tipo de antenas posee la característica de enlazar puntos fijos dada su directividad, mientras mayor sea la directividad mayor será la ganancia y la aplicación deberá cumplir de mejor manera con el criterio de LOS para el enlace de radio. La utilización mas importante quizás para el entorno aeroportuario es el enlace de las estaciones de meteorología del perímetro hacia el Terminal mediante este tipo de antena, figura 3.12a.

3.2.2.3. Arreglos de Dipolos doblados

Un arreglo de este tipo esta compuesto por varios elementos interconectados y dispuestos en una estructura regular para formar una antena individual, estos elementos son comúnmente dipolos doblados para las aplicaciones fijo-móviles presentes en el Aeropuerto. El propósito de un arreglo es el de producir un patrón de radiación con ciertas características que un elemento sencillo no posee.

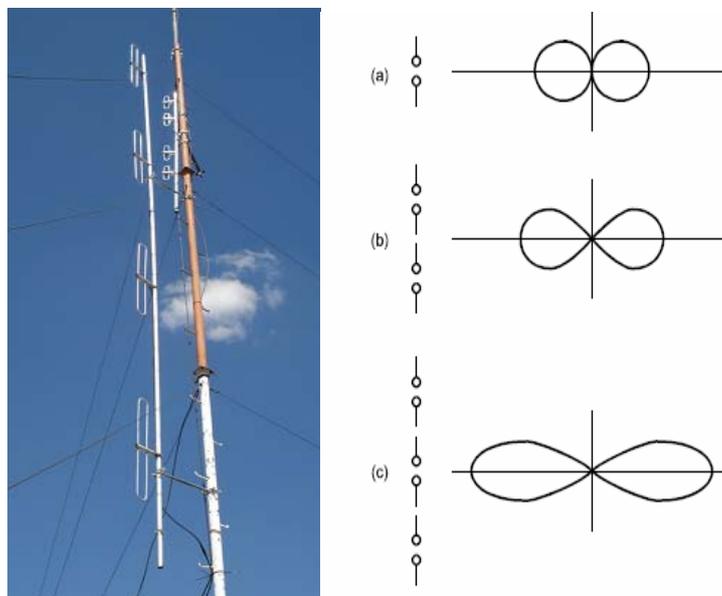
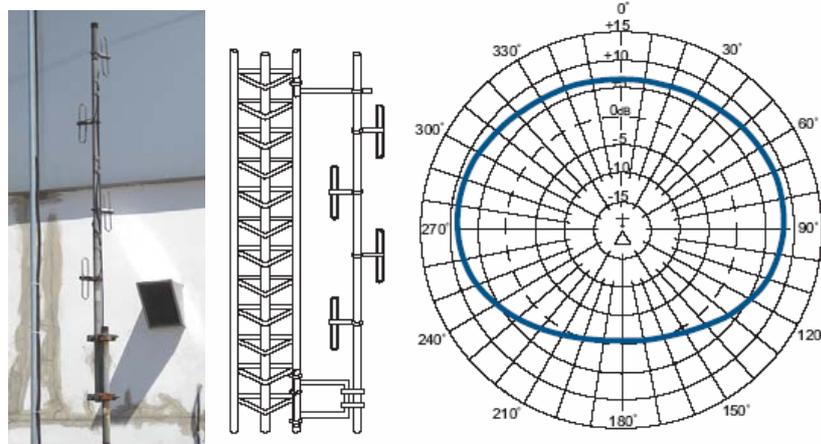


Figura 3.14. Arreglo vertical típico compuesto por dipolos doblados / Patrones de Radiación

Este arreglo de dipolos tiene un patrón de radiación azimutal omnidireccional al igual que un elemento sencillo; pero posee una ganancia superior y ancho de haz inferior en el plano vertical. Dependiendo de las necesidades del vínculo inalámbrico se diseña este tipo de antenna para la frecuencia y ganancia deseadas. La figura 3.14.c muestra como la ganancia del dipolo puede mejorarse al formar un arreglo con los mismos, a mayor numero de dipolos mayor será la ganancia de la antenna y menor el ancho del haz en el patrón de radiación.

En el Aeropuerto, las implementaciones más comunes de arreglos de dipolos poseen 4 y 8 elementos para transmisión en frecuencias UHF de la banda de 450 a 512 MHz. Cabe realizar una diferenciación entre dos tipos de implementaciones, la primera como la de la figura 3.15a., en la que se alterna la disposición de los dipolos a lo largo del mástil, reduciendo un poco la ganancia pero garantizando la radiación en todas las direcciones y la segunda es una implementación tipo offset, como la de la figura 3.15.b, ya que el patrón de radiación se desplaza dándole mayor ganancia a la antenna en la dirección de orientación de los dipolos, esta implementación puede ser muy útil en ubicaciones donde no existen obstáculos en la línea de vista de la antenna y se desea tener una ganancia mayor del enlace de radio.



(a)

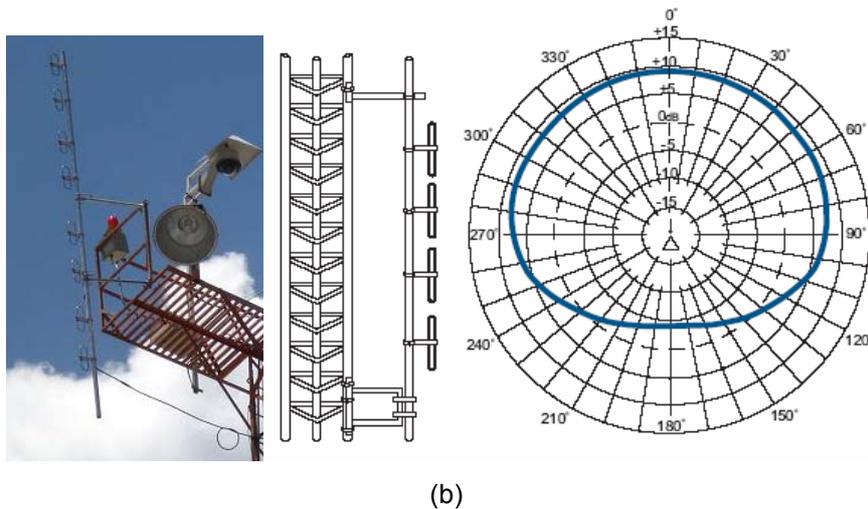


Figura 3.15. Implementaciones del arreglo de dipolos doblados

3.2.2.4. Antenas tipo Panel

Una antena tipo panel se compone básicamente de un sustrato dieléctrico, que en uno de sus lados posee parches radiantes dispuestos en una geometría plana, mientras que la parte posterior forma el plano de tierra de la antena, como se observa en la figura 3.16a. Es un modelo muy utilizado a frecuencias altas y en aplicaciones de interiores donde se desea guardar la estética y satisfacer las necesidades de comunicaciones inalámbricas, sin embargo, son varias las aplicaciones de exteriores que hacen uso también de este tipo de antena. Su mayor ventaja es la fácil reproducción, ya que es posible construir varias antenas iguales en serie con las mismas características, por ende son de bajo costo.

En función del número de parches obtendremos una mayor ganancia, a costa de perder directividad en la antena reduciendo el ancho del haz de radiación, por lo cual es necesario realizar un apuntamiento adecuado para obtener un enlace de comunicaciones estable y de buen rendimiento.

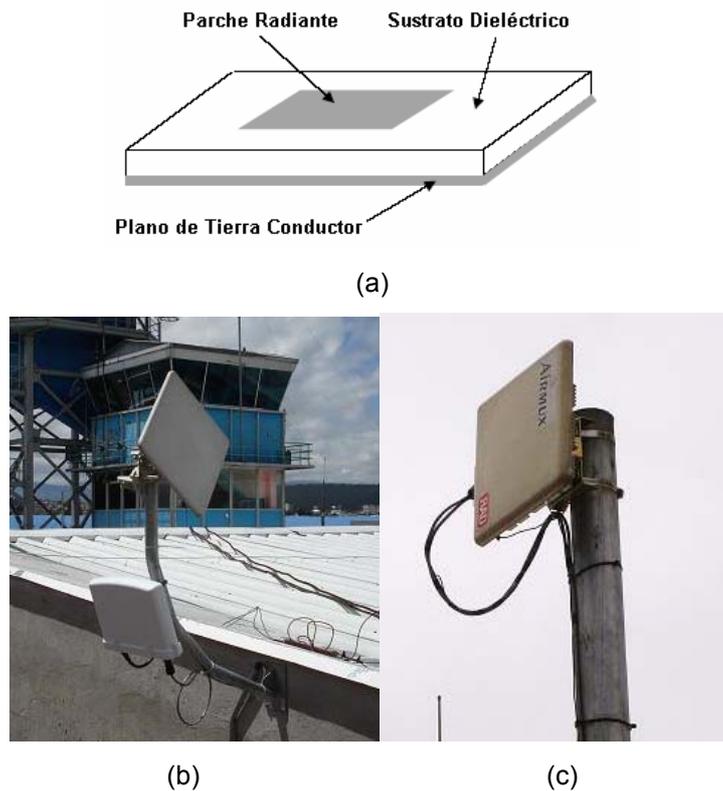


Figura 3.16. Composición y Ejemplos de antenas tipo panel

Paneles como los de la figura 3.16. (b) y (c), son utilizadas por los ISPs para entregar el servicio de última milla de Internet a las dependencias del Aeropuerto, los proveedores obtienen una alta ganancia, buena disponibilidad realizando el correcto apuntamiento hacia sus estaciones base y reducen sensiblemente los costos de acometida con la utilización de este tipo de antenas.

3.2.2.5. Antenas Reflectoras

Los reflectores más que una antena, son elementos que concentran las ondas de radio y las direccionan hacia el receptor del sistema. Estos son muy utilizados generalmente a frecuencias altas, alrededor de los GHz. En una antena de este tipo la utilización de los múltiples reflectores (superficies planas, parabólicas, hiperbólicas, elípticas) permite optimizar las características de radiación, como el área efectiva, la relación de lóbulo principal a secundario o

los niveles de polarización cruzada. Dichas superficies pueden optimizarse para conseguir unos determinados diagramas o características de radiación.

Los **reflectores planos**, o en forma de diedros permiten mejorar la directividad de los dipolos, reduciendo el ancho de haz de la antenna y permitiéndole a la misma alcanzar distancias superiores a las que alcanzaría normalmente sin el reflector.

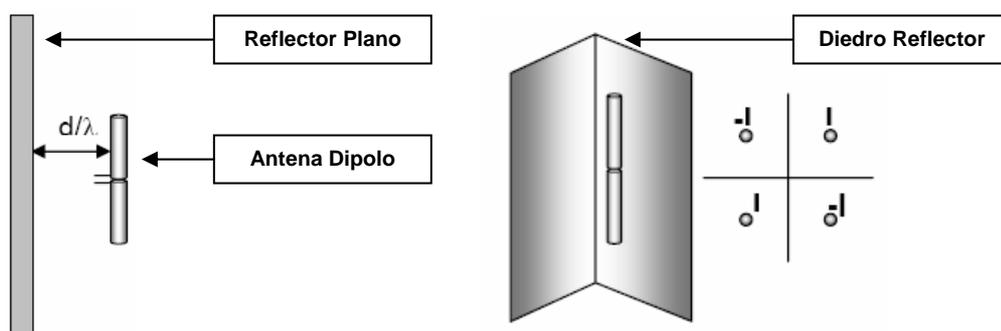


Figura 3.17. Esquemas de reflectores planos

Los reflectores de forma **parabólica** se utilizan debido a su propiedad geométrica, en la que los rayos salientes de un punto denominado foco, al reflejarse se convierten en un conjunto de rayos paralelos. Y recíprocamente un conjunto de rayos paralelos incidentes de forma normal al reflector, convergen en el mismo punto focal. Los reflectores parabólicos pueden tener simetría de revolución, o bien pueden ser cilindros parabólicos.

Los campos radiados por una antenna que incluya un reflector dependerán por una parte de las características de dicha antenna, (ancho de haz, nivel de lóbulo principal a secundario, polarización, etc), y por otra parte de las características geométricas del reflector (distancia focal, diámetro), al igual que para las características físicas de la antenna, las características del reflector dependen también de la frecuencia y características eléctricas del transmisor.

En cuanto al proceso de la comunicación, la propagación se da en dos pasos, desde el foco hasta el reflector donde las ondas se propagan como ondas esféricas y las ondas reflejadas en la superficie parabólica que se propagan como ondas planas hasta la apertura, como se observa en la figura 3.18 [32].

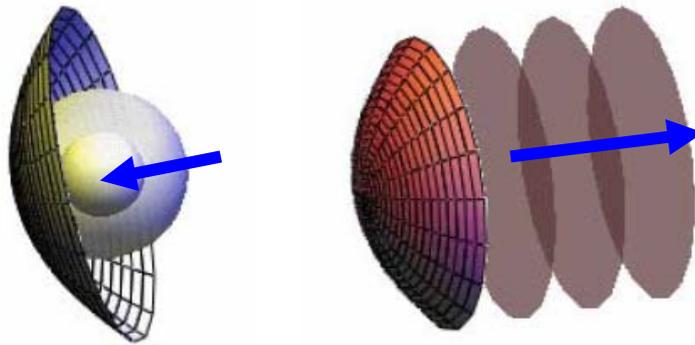


Figura 3.18. Modos de Propagación en un reflector parabólico

En el aeropuerto encontramos tres implementaciones típicas de este tipo de reflectores, figura 3.19., la primera un plato reflector de alrededor de 2 m de diámetro, que son parte de la red AFTN de aeropuertos a nivel nacional, la segunda reflectores tipo grilla instalados por los proveedores de servicios de telecomunicaciones para enlazar oficinas o prestar servicios de Internet y la tercera reflectores para el servicio de televisión satelital.



Figura 3.19. Antenas Reflectoras instaladas en el Aeropuerto

3.2.2.6. Antenas HF

Las antenas de HF se componen de dipolos, sin embargo, son significativamente diferentes a las antenas en frecuencias superiores, ya que sus dimensiones son superiores para estaciones base y sus implementaciones requieren una instalación diferente a las demás antenas presentadas.

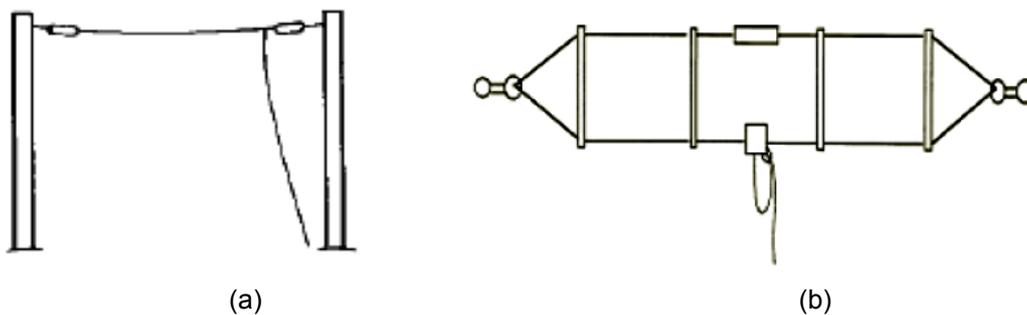


Figura 3.20. Antenas de alambre para HF

La implementación mas sencilla es un alambre largo, este elemento único es utilizado para operación multifrecuencia o conjuntamente con un sintonizador para operar en una sola frecuencia. Puede ser instalado de diversas maneras y ajustarse a cualquier tipo de dificultad en cuanto a espacio, lo óptimo para su colocación es entre dos mástiles o torretas a las cuales se aseguren los extremos del la antena y se realiza la bajada de antena en uno de los extremos, figura 3.20a.

Existe también la posibilidad de utilizar antenas HF de dipolo doblado las cuales trabajan en la banda de 1,8 a 30 MHz, bidireccionales sin la necesidad de sintonizadores en la antena [33]. Están diseñadas para comunicaciones omnidireccionales con una eficiencia de radiación baja en comparación con otras implementaciones más complejas. Su instalación es semejante a la anterior, entre dos mástiles o torretas dándole una disposición horizontal a la antena, la bajada de antena se realiza hacia la mitad del dipolo al igual que los dipolos doblados en frecuencias superiores, figura 3.20b. En ambos casos la

longitud total del alambre depende de la potencia deseada en la transmisión y si se desea o no operar en una frecuencia única. Estas dos implementaciones no son recomendadas para condiciones climáticas severas dado su fragilidad en el montaje.

Parte de las antenas utilizadas en HF, agrupan dipolos en una estructura parecida a una antena tipo Yagi, estas antenas tipo pértiga o arreglos de HF, son utilizadas para transmisiones de largas distancias y con mayores ganancias. Representan una implementación mucho más robusta utilizada para soportar condiciones climáticas severas y en lugares donde la limitación de espacio no representa un problema.



(a)



(b)



(c)

Figura 3.21. Antenas de HF instaladas en el Aeropuerto a) dipolo doblado b) c) tipo pértiga

La figura 3.21a muestra una antena instalada por la DGAC para comunicaciones de respaldo en caso de falla de la red satelital AFTN y para pruebas de enlaces con estaciones remotas, las figuras 3.21 b y c muestran dos arreglos de HF tipo pértiga utilizados por las aerolíneas nacionales para enlaces con sus dependencias remotas.

3.3. Elementos de Conexión en RF

En un sistema de comunicaciones inalámbricas, el interfaz entre el equipo transmisor y la antena es tan importante como estos elementos. La conexión tiene que garantizar la entrega de las señales que transporta y mantener la eficiencia en la comunicación. En tal virtud, el cableado y la conectorización deben cumplir con características asociadas a los sistemas de RF.

3.3.1. Cableado

Una línea de transmisión puede ser corta, es decir, de tan sólo algunos centímetros o extenderse por varios metros. Las líneas de transmisión se utilizan para propagar señales eléctricas con una determinada frecuencia, como la energía eléctrica y las señales de audio y video; también se utilizan para propagar señales de radiofrecuencia.

El comportamiento de las líneas de transmisión es sencillo y predecible, sin embargo, al propagar señales de alta frecuencia, las características de una línea de transmisión se vuelven más complicadas y su comportamiento es más peculiar en los circuitos y sistemas de comunicaciones inalámbricas. La propagación de energía a lo largo de una línea de transmisión ocurre en forma de ondas electromagnéticas. Las ondas electromagnéticas presentan tres características principales que se consideran para la selección de la línea de transmisión adecuada: la velocidad de propagación, la frecuencia y longitud de onda. Es de acuerdo a estas características que se selecciona el tipo de cable y su dimensionamiento.

Se pueden usar varios medios físicos (cables conductores) para la transmisión y recepción de una señal; cada uno con características propias en términos de ancho de banda, retardo, facilidad de instalación y costo. Sin embargo, el más utilizado en sus diversas implementaciones es el cable coaxial para las aplicaciones de RF, por sus bondades como medio de transmisión y dada la naturaleza de las ondas electromagnéticas.

3.3.1.1. Cable coaxial.

El cable coaxial está formado por un conductor central aislado con una manga de aluminio, rodeado por un blindaje de malla de aluminio. En frecuencias de operación relativamente altas, el blindaje proporciona una excelente protección contra las interferencias externas; sin embargo, a frecuencias de operación bajas, el uso de la protección no representa la inversión del costo del cable. El blindaje del cable coaxial está unido a tierra para proteger la trayectoria de la transmisión del ruido eléctrico.

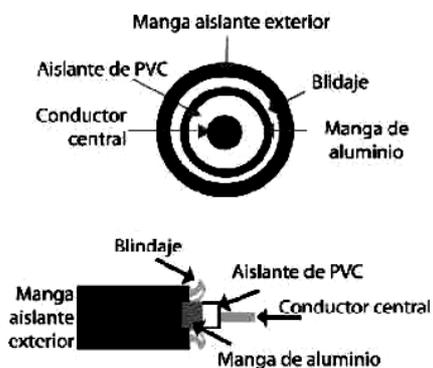


Figura 3.22. Esquema del Cable Coaxial

La figura 3.22 muestra la composición del cable coaxial y tres diferentes tipos de cable que mantienen esta composición pero varían sus dimensiones y materiales.

Características del cable coaxial. Las características del cable coaxial se determinan con base en sus propiedades eléctricas como son: la conductancia del cable, la constante dieléctrica en el aislante, así como por las propiedades físicas, tales como: el diámetro del cable, la impedancia característica y la constante de propagación. Además presenta las siguientes características:

- El cable coaxial tiene sólo un conductor central, rodeado por un aislante de PVC, que a su vez está protegido por una manga de aluminio y un blindaje (funda de malla de aluminio).
- El conductor central, la manga de aluminio y el blindaje comparten el mismo eje geométrico y, por tanto, son coaxiales entre sí.
- El cable coaxial se clasifica no sólo por su calibre, sino también por su impedancia (medida en ohms), de acuerdo a la aplicación.
- No está libre de ruido, sin embargo, puede operar en entornos eléctricamente ruidosos además posee una alta inmunidad a interferencias.
- Cubre una mayor distancia para la transmisión de la señal.

El Anexo 5 muestra las características básicas de los cables coaxiales más utilizados, incluyendo el nombre comercial con el cual se reconoce al cable, y las características eléctricas y físicas más importantes.

3.3.2. Conectores

El conector es un elemento vital del sistema de radio, ya que introduce la señal manteniendo aislado al conductor central. Existen diversos tipos de conectores y dependiendo del fabricante son las especificaciones para su funcionamiento [10]. El conector tiene las siguientes características:

- En la parte posterior del conector se introduce el cable coaxial con todas sus capas al descubierto.
- El conector cuenta con cavidades específicas para mantener de manera aislada el blindaje (malla de aluminio) y el conductor central (alambre de cobre).
- El conductor central de cobre permite conducir la señal y está protegido por un aislante que evita el contacto con el conductor concéntrico, que a su vez lo protege de la interferencia. El conductor central de cobre permite un excelente contacto en las terminales.
- La parte posterior del conector sirve de abrazadera para fijar el conector con el cable coaxial; de acuerdo con el modelo puede variar, debido a que hay conectores que incluyen esta pieza y otros en los que es independiente, para su “ponchado” (sujeción con pinzas especiales).

3.3.2.1. Tipos de Conectores para RF

Conector BNC. El conector BNC (Bayonet Neill Concelman) es un conector pequeño de RF de rápida conexión y desconexión. Se ajusta perfectamente para terminación de cables coaxiales de varias dimensiones (RG-58, 59, a RG-179, RG-316, etc.) y posee diversos tipos de terminación (crimp/crimp, clamp/soldadura, enrosables). Los principales diseños de este tipo poseen impedancias de 50 y 75 Ω permitiendo ajustar a un amplio rango de sistemas, sirviendo aplicaciones que van desde conexión de antenas, osciloscopios, radios, equipamiento medico, instrumentación, estaciones base, entre otros.

Conector N. Este fue desarrollado para satisfacer la necesidad de un conector RF de tamaño mediano durable y que soporte condiciones de intemperie con un desempeño consistente en el rango de frecuencia hasta los 11 GHz. Existen dos familias de conectores tipo N: El N estándar (cable coaxial) y el N corrugado (cable helicoidal y anular). Sus aplicaciones primarias son la

terminación de cable coaxial mediano y miniatura, incluyendo RG-8, RG-58, RG-141, y RG-225. Los cables corrugados de cobre ofrecen un buen desempeño para el sistema, pero están limitados por el desempeño de los conectores.

Conector UHF. El conector UHF fue diseñado específicamente para las aplicaciones de radio, si bien se pensó para uso en altas frecuencias, hoy en día es un conector de propósito general utilizado ampliamente en las aplicaciones para estaciones base de los sistemas de radio de dos vías, este se asegura mediante la rosca exterior y se utiliza solda para acoplarlo al cable.

Conector SMA. El conector subminiatura utiliza un interfaz enroscable, los conectores SMA de 50 ohmios son de semi-precisión, proveen un desempeño eléctrico excelente desde DC a los 18 GHz. Es utilizado en equipos de precisión e instrumentación, así como en el sistema ILS, este tipo de interfaz ofrece una forma precisa y simple para acoplamiento de los dispositivos de microonda.

Tabla 3.2. Características de los conectores utilizados en RF [2]

Tipo de Conector	Apariencia		Impedancia Ω	Tipo de Cable
BNC			50 75	RG-58 RG-59 RG-179 RG-316
N			50	RG-8 RG-58 RG-141 RG-225
UHF			No es Constante	RG-6
SMA			50	0.085" 0.141" RG-316

Los conectores más utilizados en las aplicaciones de RF comunes y encontradas en el Aeropuerto son los tipo BNC, tipo N, UHF y SMA, sin embargo hay una amplia gama de conectores que se ajustan a los diversos tipos de cable y aplicaciones de radio, la figura 3.23. muestra brevemente la gama de conectores existentes y las bandas de frecuencia en que se utilizan.

3.3.2.2. Consideraciones usadas para especificar un conector

Existen varios factores que determinan el uso adecuado del tipo de conector. El cable y el rango de frecuencias son los factores principales. Es una buena practica el intentar igualar el tamaño del conector con el diámetro del cable lo mas parejos posible para minimizar reflexiones. Mientras mayor sea la diferencia en sus diámetros, menor será el desempeño de la conexión. Las reflexiones se incrementan generalmente en función de la frecuencia, y conectores mas pequeños funcionan mejor a frecuencias altas. Para frecuencias muy altas (sobre los 26 GHz), es necesario el uso de conectores de precisión.

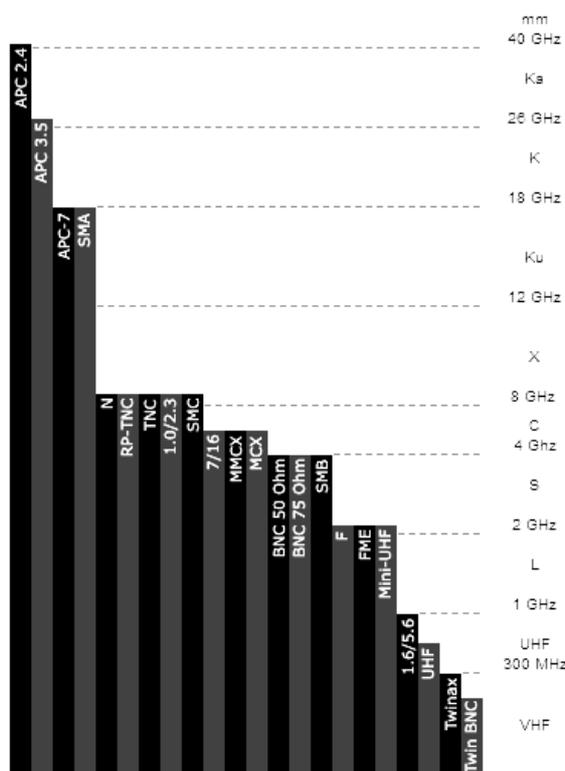


Figura 3.23. Tipos de Conectores y Frecuencias de Utilización

El cable que se especifique determina la impedancia del conector a utilizarse. Las impedancias de 50 y 75 ohmios son los estándares utilizados mayormente. A frecuencias por debajo de los 500 MHz, los conectores de 50 Ω pueden usarse con el cable de 75 Ω y viceversa con niveles aceptables de desempeño. La razón para hacerlo esta en el costo inferior de los conectores de 50 Ω dado que son mayormente difundidos. Requerimientos de voltaje o potencia son también un factor para determinar el tipo de conector en una aplicación dada. Las aplicaciones de alta potencia determinan el uso de conectores de mayor diámetro tales como 7-16 DIN y HN. El manejo de potencia promedio esta limitado por las especificaciones del cable y es determinado generalmente de manera empírica.

3.3.3. Acopladores.

El acoplador también conocido como barril, es un dispositivo con dos conectores interconectados en un solo cuerpo y sirve para unir o acoplar dos conectores tipo de tipo opuesto, los dos tipos de conectores de acuerdo a su construcción son hembra en el cual se inserta el conductor central del cable coaxial y macho en el cual sobresale el conductor central acopla el conductor a un pin conector. Los acopladores pueden combinar cualquiera de los dos tipos de conector y así solventar cualquier necesidad de acople.

Tabla 3.3. Acopladores de señal de acuerdo al tipo de conector [2]

	Macho-Macho	Hembra-Hembra	Macho-Hembra
Tipo UHF			
Tipo BNC			
Tipo N			
Tipo SMA			

3.3.4. Divisores de señal.

Un divisor de señal o splitter separa la señal en dos o más ramas para entregarla a dos o más dispositivos. Los splitter están diseñados para trabajar con un rango de frecuencia determinado; por ejemplo, para dividir la señal después del transmisor de una base de radio UHF hay que utilizar un splitter pasivo que tenga un rango de frecuencia de 5 a 900 MHz para que no se presenten pérdidas de señal, este dispositivo se asemejaría al de la figura 3.24.



Figura 3.24. Divisores de señal de diversos modelos

3.4. Mapa digital de las estructuras dentro del Aeropuerto

Una vez determinadas las estructuras y antenas utilizadas en los enlaces de radiocomunicaciones en el aeropuerto se planteo la necesidad de representar estos elementos en un plano que no fuera simplemente a nivel del dibujo, sino que enlazara la base de datos con los elementos gráficos y representara de manera muy clara todos los nodos presentes en el Aeródromo. Un sistema de información geográfica nos permite visualizar, consultar, editar y realizar un análisis sobre los datos recopilados de estructuras, edificios y elementos diversos a lo largo de un plano base, en nuestro caso el del Aeropuerto. Se seleccionó como herramienta para creación de un sistema de información geográfica al *ArcView*⁸, creando el mapa *digital* de estructuras de radiocomunicaciones a nivel aeropuerto.

⁸ La versión de ArcView utilizada es la 9.1

3.4.1. El Software de Diseño

El *ArcView* constituye un avanzado explorador de datos geográficos y alfanuméricos [8], diseñado para la visualización, administración y documentación de la información. El departamento de Telecomunicaciones recopiló información de toda la infraestructura de Radiocomunicaciones y proyectó esta información en un mapa digital GIS⁹. El desarrollo contemplado para este documento es la información relacionada a las antenas instaladas y en uso por las diversas dependencias del Aeropuerto.

Esta herramienta, permite la realización de conversiones entre formatos digitales, de tal forma que el plano base del Aeropuerto tipo CAD se utilice para incrementar los niveles de detalle en el mapa GIS dándole posicionamiento real a nivel global de todo aquello que se ubique en el mapa digital y con la facilidad de consulta de la información tan solo con un clic sobre la estructura y la asociación de vínculos adicionales como la hoja técnica de la antena o la imagen de alta resolución del elemento deseado.

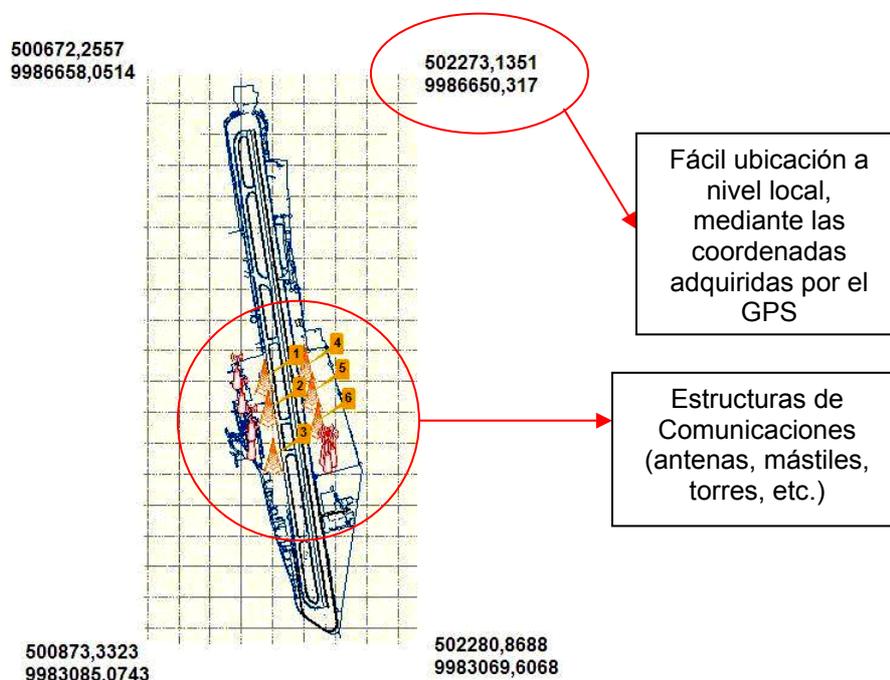


Figura 3.25. Esquema básico de un mapa digital GIS

⁹ GIS de sus siglas en inglés (Geographical Information System)

La figura 3.25 muestra un esquema base del aeropuerto en el cual se colocaron todas las referencias geográficas y la información asociada a las antenas de comunicaciones.

Para la ubicación y posicionamiento de los nodos se utilizó un GPS, esta herramienta es la base para la adquisición de la posición de un objeto o identificación de un punto sobre un mapa digital. Este elemento hace uso de la información proporcionada por los satélites para calcular la posición real del punto que se desea identificar. Además posee la capacidad de almacenamiento para recopilar todos los puntos que se desee ubicar en el mapa digital, haciendo muy sencillo la ubicación en el GIS mediante una sola descarga hacia el PC. Es una herramienta de uso sencillo, precisa y proporciona toda la facilidad y rapidez para el trabajo con mapas digitales.

3.4.2. Mapa Digital del Aeropuerto

El mapa digital desarrollado para la ubicación de estructuras de comunicaciones consta de tres elementos base, los cuales se reflejan en el resultado final, el flujo de esta información se observa en la figura 3.26.

- **Información Fuente.** Consta de todos los datos que se desean asociar al mapa digital, incluyendo características de los elementos a ubicar, antenas, torres, etc. Además de la información geográfica asociada es decir la posición exacta con respecto a un sistema de coordenadas proyectadas dado, en nuestro caso se utilizó el sistema WGS 84¹⁰, teniendo como referencia las posiciones obtenidas mediante el uso del GPS. Finalmente el apoyo base para la ubicación y asociación de la información a la realidad es el plano base tipo CAD donde se encuentra diagramado todo el Aeropuerto, este se georeferenció y ajustó al mismo sistema de coordenadas de los demás datos proyectados.

¹⁰ El sistema WGS 84 es el sistema de referencia geográfica utilizado actualmente por defecto

- **Base de Datos.** Llamada *Geodatabase* dentro del sistema de información geográfica ya que contiene no solo características técnicas de los elementos sino también información geográfica por cada registro. La *Geodatabase* que se crea con la ayuda de *ArcView* reúne toda la información fuente y la almacena bajo un mismo formato, creando varios grupos de datos con toda la información a proyectarse de manera grafica.
- **Editor y Visualizador.** Una vez armada la *Geodatabase* con todos los elementos necesarios para proyectar un resultado final, se hace uso del editor y visualizador para generar el mapa digital a partir de la información almacenada. Además es posible aumentar o editar la información de la geodatabase desde esta herramienta de manera sencilla y teniendo la percepción grafica de estos cambios al instante. Finalmente desde esta herramienta se generan los mapas finales y los reportes necesarios para importarlos o imprimirlos para futuros análisis. La figura 3.26. muestra los elementos que presentan los resultados en pantalla.

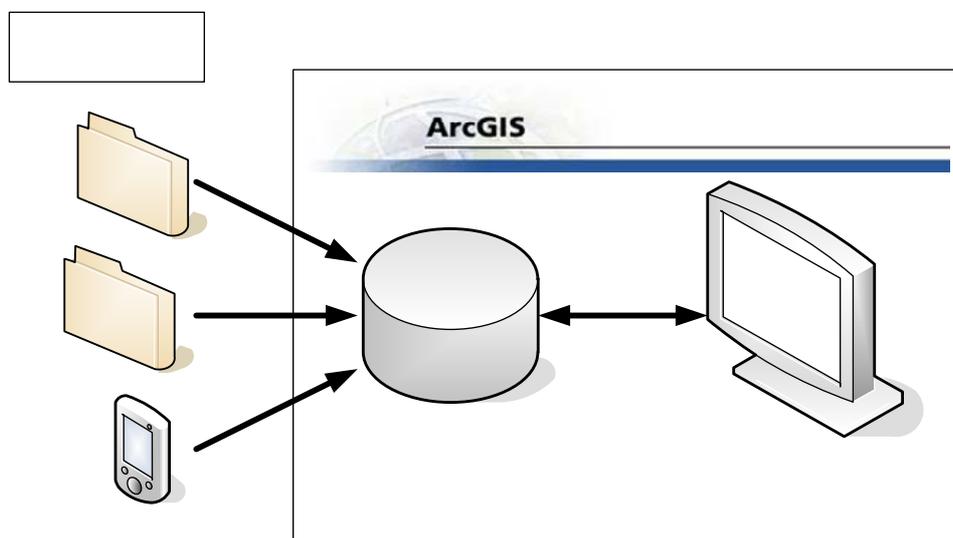


Figura 3.26. Elementos que intervienen en el desarrollo de un mapa GIS

3.4.3. Presentación de Resultados

Los resultados obtenidos en la elaboración del mapa digital GIS de estructuras de Radiocomunicaciones, se mantienen en la base de datos Aeropuerto, almacenada en el servidor de Telecomunicaciones. De esta base de datos mediante *ArcView*, se generaron 8 hojas de resultados mostrando las antenas encontradas a largo de las instalaciones, las mismas se pueden revisar en el Anexo 6 de este documento así como los registros de la base de datos asociados a cada hoja de resultados.

La figura 3.27. muestra un ejemplo de visualización sobre el editor de *ArcView*, en la pantalla de edición de *ArcMap*, se visualiza el proyecto elaborado donde es posible la edición y consulta de la información de la base de datos así como se preparan las hojas de resultados que se imprimirán. Sobre esta figura se marcan las partes claves del mapa elaborado, los mismos se detallan a continuación:

1. Es la antena de la cual se desea obtener información, en este caso es una antena perteneciente a ADC&HAS para la comunicación con la torre de control.
2. Al hacer clic sobre la antena de radio, se despliega una ventana con la información almacenada en la base de datos, tales como tipo de antena, frecuencias de operación y usuario de la misma.
3. De igual forma al hacer clic sobre la antena de radio, se abre una ventana con la imagen tomada del sitio donde esta instalada la antena para rápida identificación de la misma.
4. La ventana marcada como cuatro es el área de despliegue del mapa, esta ventana presenta toda la información almacenada manteniendo una perspectiva real del posicionamiento geográfico de los elementos.
5. La sección marcada como 5 presenta las capas se despliegan en el área de visualización incrementando el nivel de detalle de visualización.

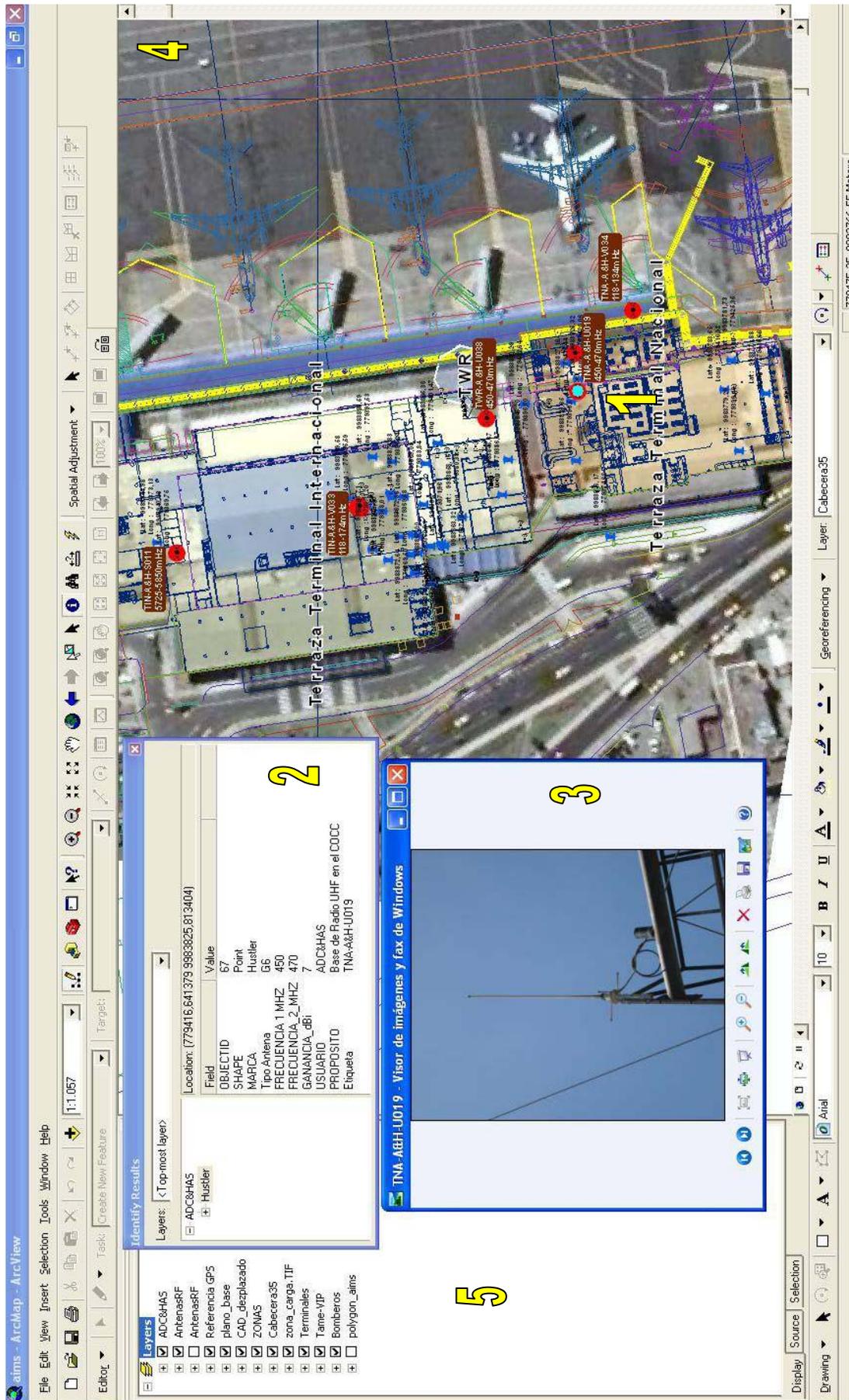


Figura 3.27. Ejemplo de visualización sobre ArcMap del mapa GIS de antenas

CAPITULO 4

MEDICIONES DE CAMPO

La elaboración de un plan de mediciones y análisis de resultados, representa un elemento importante para establecer límites en emisiones, detección de fallas y posibles interferencias en los sistemas de radiocomunicaciones más importantes. Se contempló la colaboración de la Superintendencia de Telecomunicaciones con el área de Telecomunicaciones de ADC&HAS Management para realizar una verificación de los servicios y el espectro en uso por parte de los usuarios del Aeropuerto.

4.1. Procedimientos para Medición

Se estableció tres tipos de mediciones o verificaciones sensibles para las radiocomunicaciones a nivel aeropuerto:

- Una verificación de las frecuencias en uso para los sistemas de **radio fijo-móvil**, revisando la frecuencia de operación, la asignación del canal, estado legal del contrato y el equipamiento utilizado para este servicio.
- Una medición sobre el espectro radioeléctrico utilizado para las aplicaciones de **espectro ensanchado**, verificando enlaces de radio en las bandas de 2.4 GHz y 5.8 GHz, estableciendo una explotación adecuada de estas bandas y emisiones controladas.

- Además de las mediciones sobre los sistemas antes mencionados, se realizó una comprobación de radiaciones no ionizantes (**RNI**) en los límites del aeropuerto para registrar niveles permitidos de este tipo de radiaciones, entre los 100 y los 900 MHz.

4.1.1. Medición de Frecuencias sobre los sistemas fijo-móvil

Dado que el mayor uso del espectro radioeléctrico en los límites del aeropuerto se encuentra en los sistemas de radio fijo – móvil, la primera medición de campo se efectuó sobre estos sistemas. En primera instancia se procedió a realizar un conteo de frecuencia en los equipos móviles y bases fijas de los usuarios en las diferentes dependencias del aeropuerto, de esta manera se verificó la frecuencia de operación y se corroboró con la Superintendencia de Telecomunicaciones la legalidad de uso de estas frecuencias.

Para la medición se contemplo equipos de radio portátiles UHF, bases de comunicación aire-tierra en HF y VHF y radios UHF con servicio troncalizado. Se realizó la medición tanto en los terminales de pasajeros como en las oficinas de aerolíneas y concesionarios y con el personal operativo en plataformas y perímetro de la pista.

Equipo de Medición. Para efectuar la medición de frecuencia se hizo uso de un equipo contador de frecuencia, el equipo es un CD100 Frequency Counter/Tone Decoder marca OPTOELECTRONICS y una antena BB85 del mismo fabricante para medición en el rango de frecuencias entre 100MHz y 2GHz.



Figura 4.1. Equipo de medición de frecuencia para radio de dos vías

El CD100 es un equipo que nos ofrece una lectura rápida y precisa de la frecuencia de operación y el tono en uso para los sistemas de radio de dos vías [4]. Además posee memoria interna para almacenamiento de hasta 100 lecturas de tono y frecuencia. Algunas de las características más importantes de este equipo son las siguientes:

- Opera en un rango de frecuencias entre 10 MHz y 1GHz con la antena estándar que viene con el equipo
- Decodifica los tonos en uso, 52 tonos CTCSS (Continuous Tone Controlled Squelch System), 106 códigos DCS (Digitally Coded Squelch), LTR (Logic Trunked Radio) y 16 tonos DTMF (Dual Tone Multi Frequency).
- Tiene una resolución de 100 Hz efectiva al realizar las mediciones
- El intercambio de la antena para pruebas permite una lectura en diversos rangos de frecuencias ampliando el rango de medición hasta 2.5 GHz

Procedimiento de Medición. El procedimiento de medición es sencillo, se debe acercar la antena del CD100 a la antena del equipo transmisor y presionar el pulsador PTT del equipo, entonces la medición se presentara en pantalla incluyendo la frecuencia de transmisión el tipo y valor de tono en uso y las unidades correspondientes.



Figura 4.2. Medición de Frecuencia en Sistemas de Radio, HF-VHF-UHF y Troncalizados

Como se observa en la figura 4.2. la medición se efectúa el momento de la transmisión en el equipo portátil, el sensor detecta la señal emitida por el equipo de radio y determina la frecuencia exacta del sistema con una resolución de 0,001 Hz y determina el tono de la señal modulada.

4.1.2. Medición sobre los Sistemas de Espectro Ensanchado

Los sistemas de espectro ensanchado se encuentran en amplia difusión para las aplicaciones modernas de telecomunicaciones, y aun más en frecuencias no licenciadas como 2.4 GHz y 5.8 GHz. Sin embargo, si bien la

frecuencia no requiere de licencia, las potencias emitidas por estos equipos deben ser menores a la regulación establecida por la norma local (100 mW en exteriores y 300 mW en interiores) [5] y todos los equipos deben estar debidamente registrados en la Superintendencia de Telecomunicaciones para cada usuario como sistemas privados o bajo algún proveedor de servicios de este tipo.

4.1.2.1. Equipo de Medición

Para la medición del espectro de enlaces de radio de este tipo, la herramienta a utilizarse es un analizador de espectros y antenas calibradas para mediciones en las bandas de operación del servicio.

Fue utilizado el analizador de espectros de la Fig. 4.3., este es un dispositivo portátil marca Willtek modelo 9101, con una resolución RBW de 1 KHz, en conjunto con una antena tipo bocina DRG 218/A para la medición de enlaces en la banda de 2.4 GHz, esta antena nos permite ubicarnos fácilmente cerca de la antena a ser analizada y registrar la radiación emitida sin problemas.



Figura 4.3. Analizador de Espectros Portátil y Antena Tipo Bocina de Prueba

El analizador de espectros de la figura 4.3. y la antena tipo bocina fueron suministrados por la SUPTEL (Superintendencia de Telecomunicaciones) para realizar un medición en el sitio propio de la antena de espectro ensanchado.

4.1.2.2. Procedimiento de Medición

Para la medición de los enlaces en 2.4 GHz, el procedimiento contemplado fue el siguiente:

- Se conecta la antena de pruebas al analizador de espectros, luego se enciende el mismo y se determina el tipo de medición a realizarse.
- Se fija la ventana de visualización en un ancho de banda entre 1 GHz y 4 GHz (span) para visualización completa del sistema de espectro ensanchado.
- Se apunta la antena de pruebas de manera que reciba el campo proveniente de la antena que se utiliza para el sistema de espectro ensanchado.
- Por último se almacena la medición en la memoria del equipo, es decir se almacena el espectro proyectado por la antena en cuestión.

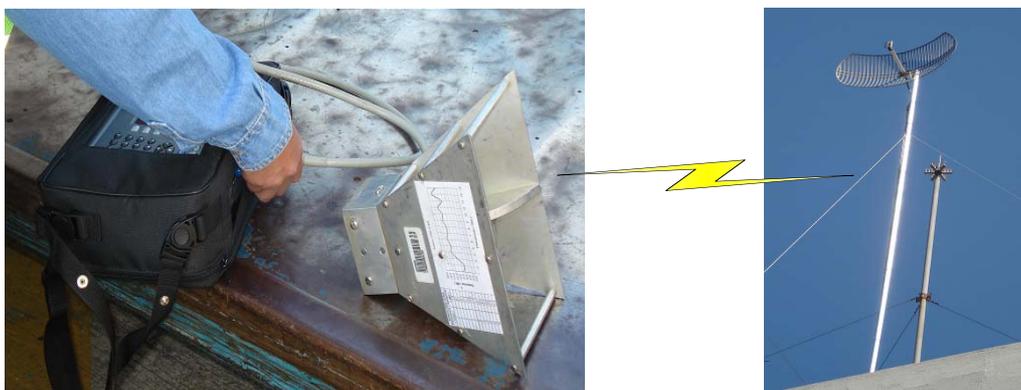


Figura 4.4. Medición Espectral en 2.4 GHz

En la figura 4.4. podemos observar la medición de campo de un enlace de datos en 2.4 GHz que mantiene AEROGAL en el terminal nacional, el equipo de medición se ubicó aproximadamente a unos 10 metros directamente bajo la antena en cuestión.

4.1.3. Medición de Radiaciones No Ionizantes

La naturaleza de la tecnología de radio y las comunicaciones modernas hacen que todos estemos expuestos a la que podríamos llamar *Electrosmog* [15]. Este hace referencia a la contaminación atmosférica que va más allá de la presencia de hidrocarburos y monóxidos en el aire, sino a la presencia de campos electromagnéticos generados artificialmente, producto de las excesivas emisiones eléctricas y magnéticas asociadas a los aparatos electrónicos. Estos campos aparecen siempre que hay una tensión o una corriente y son fuentes comunes, todos los dispositivos de uso masivo modernos como celulares y la TV. En el caso que de este estudio, son fuente los equipos transmisores de RF en general con sus respectivas antenas.

Los campos electromagnéticos se propagan como ondas y viajan a la velocidad de la luz (c). La longitud de onda depende de la frecuencia. Si la distancia a la fuente del campo es menor que una longitud de onda, se dice que estamos en la región de **campo cercano** (esta es la situación habitual para bajas frecuencias, hasta 30 KHz). Si la distancia es mayor de una longitud de onda, se aplican las condiciones de **campo lejano**. Esta distinción entre campos cercano y lejano es muy importante en las medidas. En la región de campo cercano, la relación entre la intensidad de campo eléctrico (E [V/m]) y la intensidad de campo magnético (H [A/m]) no es constante, por lo que deben medirse por separado. Sin embargo, en la región de campo lejano basta medir uno de esos dos parámetros, ya que, al ser la relación entre ambos una constante conocida, podemos calcular su valor a partir del otro.

En **Radiofrecuencia** podemos hablar de exposición al campo lejano debido a que a frecuencias altas como las de radio el campo cercano es que se encuentra inmediatamente junto a la fuente de emisión, como se ejemplifica en la figura 4.5.

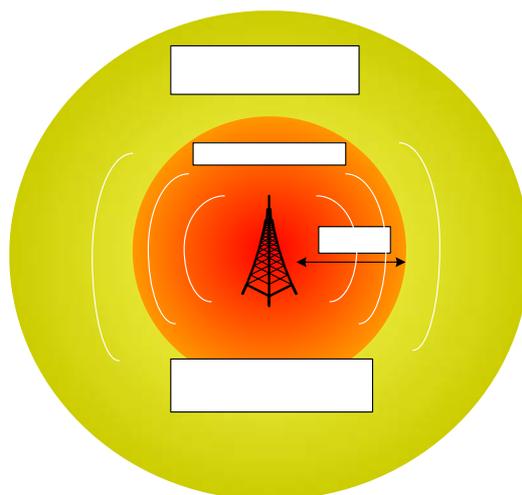


Figura 4.5. Emisión de una fuente de OEM¹¹

Existe una **Sobreexposición**, en los sectores en los que los campos cercanos excedan los límites aconsejables, locaciones de tal naturaleza pueden ser, Emisoras de radio, TV y telecomunicaciones, instalaciones de radar, instalaciones industriales con máquinas de descargas eléctricas, calentamiento por inducción, aplicaciones de microondas, etc.

En el caso del Aeropuerto la intención de la medición es la de descartar la posibilidad de una sobreexposición a las señales de radio provenientes de las comunicaciones descritas en este documento.

Límites de exposición para RF. Con el fin de proteger a las personas, varios organismos internacionales han establecido los límites básicos de exposición a los campos electromagnéticos. En el rango de baja frecuencia se utiliza la densidad de corriente (J en mA/m^2), y en el rango de RF la tasa de absorción específica (SAR en W/kg).

Medir estos límites básicos es muy costoso y nada práctico. Normalmente se mide parámetros derivados de los límites básicos para las intensidades de campo eléctrico y magnético. Las intensidades de campo recomendadas por la

¹¹ Las siglas OEM corresponden a Onda Electromagnética

Campo
E = 377

Campo

FUE

Los camp
son indep

comisión **ICNIRP** (comisión internacional para la protección frente a radiaciones no ionizantes) han sido reconocidas internacionalmente y se usan en muchos países como base para sus las normas y leyes nacionales, en el caso del Ecuador esta norma internacional es aceptada para los estudios sobre RNI.

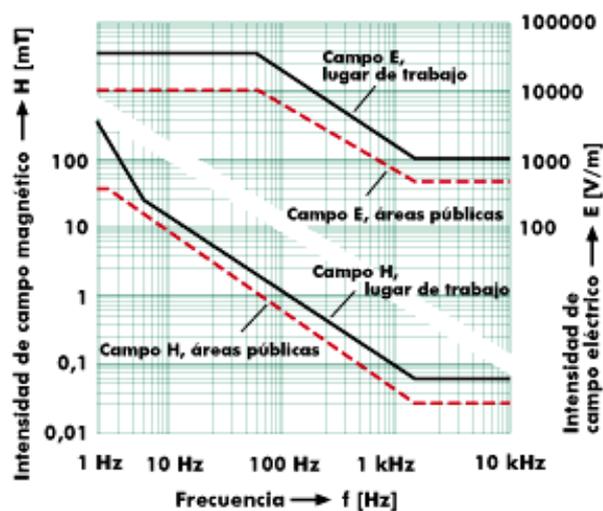


Figura 4.6. Intensidades de Campo en función de la frecuencia

Tabla 4.1. Niveles máximos permisibles de radiaciones no ionizantes de densidad de potencia, Campo Eléctrico y Campo Magnético para exposición poblacional, en función de la frecuencia.

Rango de Frecuencia (MHz)	Densidad de Potencia equivalente de onda plana (mW/cm ²)	Campo Eléctrico E (V/m)	Campo Magnético H (A/m)
0.3 - 1	20	275	0.73
1 - 10	$20/f^2$	$275/f$	$0.73/f$
10 - 400	0.2	27.5	0.073
400 - 2000	$f/200$	$1.375f^{1/2}$	-
2000 - 100000	1	61.4	-

La figura 4.6. y la tabla 4.1. presentan datos extraídos de norma ICNIRP aceptada a nivel local por el ministerio de ambiente, presentan una referencia para analizar posibles exposiciones a los campos electromagnéticos [17].

4.1.3.1. Métodos de Medición

De acuerdo a las “Directrices sobre la medición y la predicción numérica de los campos electromagnéticos para comprobar que las instalaciones de telecomunicaciones cumplen con los límites de exposición de las personas” (Recomendación UIT-T K.61) [28] , las mediciones de RNI pueden ser de dos tipos:

Medición Tipo 1 - Banda Ancha (Inmisión). Una medición de inmisión se realiza para sensar la radiación resultante del aporte de varias fuentes de radiofrecuencia, de esta manera se cubre un amplio rango de frecuencias haciendo uso de una sonda de campo eléctrico y campo magnético, se almacenan las mediciones como porcentaje de los límites de exposición ocupacionales recomendados.

Medición Tipo 2 - Banda Angosta (Emisión). En una medición de emisión se pretende censar la radiación producida por una única fuente de radiofrecuencia y recopilar información de la frecuencia de operación del sistema y características eléctricas asociadas, haciendo uso de un Analizador de Espectro, Medidor de campo y Antenas ajustadas a la banda de operación deseada. La medición de Emisión nos da información sobre el nivel de densidad de potencia del sistema que está en análisis.

4.1.3.2. Instrumental a utilizar

Para mediciones de banda ancha, es necesario utilizar medidores isotrópicos de radiación. Mientras que para mediciones de banda angosta, se utilizan medidores de campo o analizadores de espectro y juegos de antenas calibradas para los distintos rangos de medición.

En el presente estudio se ha utilizado para la medición de RNI el equipo medidor de radiación SRM-3000 de Narda Safety Test Solutions mostrado en la figura 4.7. y una antena de tres ejes, para mediciones isostrópicas entre los 100 KHz y los 3 GHz. Este equipo realiza medidas selectivas de la intensidad de campo, lo que implica evaluaciones de seguridad rápidas y fiables.



Figura 4.7. Equipamiento para la medición de RNI

Características. Es un equipo de sencillo manejo al que se acopla la sonda de medición y un cable de control, los mismos que se detectan automáticamente. Tiene una elevada inmunidad frente a la radiación y permite su empleo directamente en el sitio en cuestión obteniendo medidas isotrópicas (no direccionales). Efectúa medidas rápidas de tres tipos:

- Medidas en banda ancha (integración en la banda de frecuencia)
- Análisis espectral (de onda larga a UHF)
- Medidas selectivas de códigos

Para fines de este estudio se realizó únicamente una medición en banda ancha definiendo la ventana de medición entre los 120 y 900 MHz, en donde caen todas las frecuencias registradas por los sistemas fijos-móviles presentes y los sistemas comerciales como celulares.

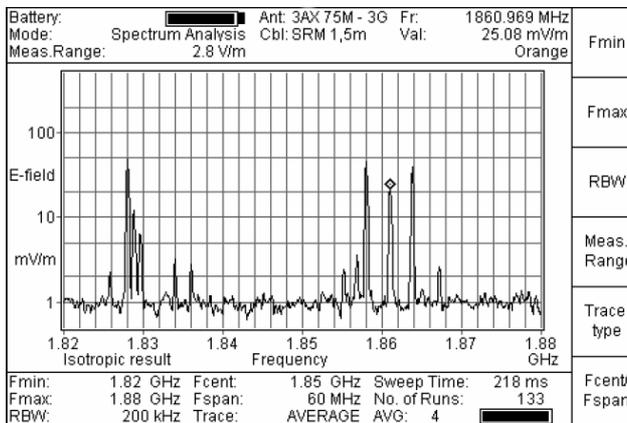
Operación del Equipo

El SRM puede calcular los resultados como una medida de la intensidad de campo o como un porcentaje del nivel máximo de exposición permitida, es posible realizar una medición de una solo fuente o un solo canal, una lista de los canales presentes, la contribución de un sistema de telecomunicaciones dada como un operador celular local, o la contribución total de los servicios de telecomunicaciones y su porcentaje dentro del total de la intensidad de campo.

Dentro del modo de **evaluación de seguridad** podemos comparar los niveles de contribución de los diferentes sistemas de telecomunicaciones y permite realizar una comparación con la magnitud del campo total medido, los resultados se muestran como un porcentaje del máximo nivel de exposición permitido.

Battery:	██████████	Ant:	3AX 75M - 3G Funkdienste D	Sel.	first service
Mode:	Safety Evaluation	Cbl:	SRM 1,5m	Sel.	last service
Meas.Range:	20 %	Std:	ICNIRP Pub	Sel.	all service
Service	Value	Frequency		Meas.	Range
UKW	0.02128 %	87.500 MHz to 108.000 MHz		Trace	type
Band II/DAB	0.01647 %	174.000 MHz to 230.000 MHz			
Band IV/V/DTVB	0.03157 %	470.000 MHz to 790.000 MHz			
GSM 900	0.22253 %	890.000 MHz to 960.000 MHz			
GSM 1800	14.53 %	1710.000 MHz to 1880.000 MHz			
UMTS	0.01499 %	1920.000 MHz to 2170.000 MHz			
Others	0.12204 %				
Total	14.96 %	87.500 MHz to 2170.000 MHz			
Isotropic result					
Fmin:	87.5 MHz	Process Time:	1.386 s		
Fmax:	2.17 GHz	No. of Runs:	33		
RBW:	5 MHz(Auto)	Trace:	ACT		

a)



b)

Figura 4.8. Modos de Funcionamiento del equipo a) Evaluación de Seguridad b) Análisis Espectral

El modo de funcionamiento que se utilizó fue el de **análisis espectral**, dada su utilidad en un entorno de múltiples frecuencias a ser censadas, ofreciendo una visión general de todas las componentes de frecuencia con sus intensidades de campo dentro de rango de frecuencias seleccionado, de igual forma puede presentarse la medición en función de los magnitudes reales del campo medido o como un porcentaje del máximo nivel de exposición permitido. Se utilizó este último para observar los porcentajes de cumplimiento con la norma ICNIRP, General Public, 1998 [17], en los límites del Aeropuerto, se tomo como punto de referencia la posición en la azotea del terminal internacional tras la torre de control donde se encuentran concentradas la mayoría de las antenas del Terminal, una medición hacia las afueras del Terminal en la zona de parqueo y una medición en el perímetro norte de la pista.

4.1.4. Análisis de Resultados

Como resultado final de las mediciones espectrales y de equipos de radio efectuadas en conjunto con la SUPTEL, se ha entregado una carta de valoración de las mediciones realizadas dando una respuesta favorable para la situación de los canales censados en su mayoría

Estos resultados obtenidos son el reflejo de los procedimientos mencionados anteriormente, de manera breve se puede revisar los sitios censados y la información obtenida así como las graficas espectrales en el Anexo 7 de este documento.

4.1.4.1. Medición de Frecuencias sobre los sistemas Fijo-Móvil

Luego de realizadas las mediciones los días 14 y 15 de Septiembre, se recopiló información de 132 canales de radio en operación, asociados a 43 empresas de diferente naturaleza dentro del aeropuerto. Además el organismo de control, la SUPTEL, nos ha comunicado el estado de los canales de radio

registrado en sus bases de datos, estableciendo las siguientes novedades de importancia:

- **Contratos Caducados.** Esta situación involucra que el usuario tiene adjudicada la frecuencia pero la vigencia del contrato ha expirado, en este caso el usuario procederá a la renovación del mismo, caso contrario la frecuencia esta sujeta a ser cancelada para el usuario y pasar a ser vacante en las bases de datos del ente de control.
- **Frecuencia Cancelada.** Una frecuencia cancelada involucra que el usuario tuvo inicialmente la autorización para el uso de la misma, sin embargo una vez finalizado el contrato este no se renovó y pasa a ser parte de las frecuencias libres para adjudicación de otro usuario. En este caso el uso de la misma no esta permitido y procederá a multa de persistir en hacerlo.
- **No Registrada.** Al ser una frecuencia no registrada en la base de datos de la SUPTEL, la misma no esta adjudicada y no puede ser explotada por ningún usuario, de igual forma de persistir en el uso de la misma se procederá a multar al usuario.
- **Asignado a Persona Natural.** Una frecuencia asignada a una persona natural solo puede ser usada por el titular que consta en el contrato, de ser esta persona el representante legal de la empresa se recomienda que se cambie el contrato a nombre de la empresa. Existe la posibilidad de que el titular del contrato este arrendando la frecuencia para el uso de una empresa, en este caso la empresa deberá presentar la documentación que respalda esta transacción caso contrario de igual manera se procederá a multa dado el uso indebido de la frecuencia.
- **Asignado a otro Usuario.** En caso de que la frecuencia este asignada a otro usuario, se deberá dejar de usar la misma inmediatamente y de persistir en el uso de la misma el usuario esta sujeto a multas e incluso a confiscación de los equipos de radio.

En cualquiera de los casos anteriores es importante que el usuario realice los trámites necesarios para legalizar la situación de los canales de radio dentro de un plazo establecido, caso contrario la SUPTEL procederá a multar a los usuarios que persistan en el mal uso de los canales. Para un resumen completo del uso de canales de radio, usuarios y novedades registrados refiérase al Anexo 7, que muestra la tabla de asignación de canales de radio obtenida en la medición.

4.1.4.2. Mediciones Espectrales

A nivel Aeropuerto se detectaron 23 enlaces de radio de espectro ensanchado activos, de los cuales 10 enlaces son en 2.4 GHz y 13 enlaces en 5.8 GHz. Hacen uso de antenas tipo panel y grillas reflectoras, conectándose con enlaces altamente directivos a las diferentes estaciones base de los proveedores de servicio.

Cabe mencionar que se realizó una medición, espectral en los enlaces de 2.4 GHz únicamente, dado la indisponibilidad del analizador de espectros para las mediciones en 5.8 GHz. Sin embargo, en este estudio se han identificado los sitios y usuarios de estos enlaces y se verificó la legalidad y correcto funcionamiento de los mismos.

Las gráficas de los enlaces detectados en 2.4 GHz, pueden observarse en el Anexo 7 de este documento, así como una tabla resumen de todos los enlaces detectados a nivel aeropuerto del tipo spread spectrum.

4.1.4.3. Medición de RNI

Las gráficas obtenidas de las mediciones mediante la sonda SRM, arrojaron resultados favorables para los niveles de RNI presentes en el Aeropuerto, de acuerdo a norma ICNIRP, la exposición a este tipo de radiaciones en la ventana de 100 a 900 MHz está por debajo del 0,1% del máximo aceptado. Las gráficas tomadas mediante la sonda pueden observarse de igual manera en el Anexo 7 de este documento.

CAPITULO 5

POLÍTICAS GENERALES DE RADIOCOMUNICACIONES

Se ha generado el documento de la política de Radiocomunicaciones aplicada al entorno Aeropuerto, el documento se ha entregado para su revisión y aprobación. El conocimiento de esta política se dará posterior a su aprobación a todas las dependencias del Aeropuerto Mariscal Sucre. El texto de este documento se encuentra en el Anexo 8 para aquellos interesados en revisar el detalle de estas políticas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- La elaboración de este documento representa un compendio de toda la información recogida en las dependencias del Aeropuerto reflejando la situación actual del entorno de Radiocomunicaciones y presenta un panorama claro para el administrador aeroportuario. Este estudio muestra como el espectro radioeléctrico es factor clave en las comunicaciones diarias del aeropuerto y que no ha podido ser desplazado por las redes de comunicaciones modernas que hacen uso de medios cableados, siendo la aplicación más sensible la comunicación con aeronaves.
- El conocimiento teórico y aplicativo presentado, es un resumen concreto y específico de los múltiples servicios de Radiocomunicaciones que intervienen en las actividades diarias del Aeropuerto. El usuario que así lo necesite, puede profundizar los conocimientos expuestos consultando la bibliografía incluida en el estudio o cualquier otra fuente bajo los temas desarrollados. La fuente de conocimiento principal en los aspectos aeronáuticos es la OACI, que en sus catorce anexos y los diversos volúmenes cubre todos los aspectos técnicos y los procedimientos relacionados a la operación del aeródromo.
- Las frecuencias investigadas y las instalaciones documentadas están sujetas a modificaciones y ampliaciones de acuerdo a las necesidades de las dependencias, y sirve de modelo para futuras actualizaciones de esta información. Se identificó como usuarios críticos a la DGAC y las aerolíneas principalmente nacionales, quienes han desplegado sus antenas de comunicaciones en dos zonas, la azotea sobre las oficinas de compañías de aviación y la terraza sobre el Terminal internacional.

- Al generar el mapa espectral, se identificaron usuarios y frecuencias en operación a nivel AIMS, se pudo determinar que el uso del espectro esta mayormente orientado a las comunicaciones LMR entre terminales móviles y portátiles. Además, existe un desconocimiento por parte de los usuarios, de que el uso del espectro requiere de licenciamiento para la aplicación antes mencionada. Es por esto que se notifico a todos los usuarios y se les proporciono el contacto con la SENATEL para regularizar la situación de los canales de radio.
- Se determino como la porción más importante del espectro a la banda aeronáutica en VHF entre los 108 y 137 MHz, dentro de la cual se mantienen los servicios de radiocomunicación más críticos de enlace con las aeronaves. Inicialmente aerolíneas y usuarios de estas frecuencias dependían únicamente de una autorización por parte de la DGAC, sin embargo, hoy en día esta porción del espectro requiere también de autorización por parte de la SENATEL.
- El proceso de identificación de la infraestructura de Radiocomunicaciones en el Aeropuerto, revelo instalaciones antiguas y algunas en mal estado, por lo cual se hicieron varias recomendaciones para la renovación de antenas y equipos base de comunicaciones. Se realizó también la instalación de dos torres de 12 m para antenas dándole la opción de reubicación de antenas a aerolíneas y la DGAC, siendo su responsabilidad el aprovechamiento de estas facilidades.
- El ArcView resulto una potente herramienta GIS para el almacenamiento y visualización del mapa digital de antenas en el aeropuerto. Proporciona un medio único para crear la base de datos asociada al mapa y da todas las posibilidades de edición y gestión de la información a través de la red corporativa socializando la información hacia otras dependencias del Aeropuerto.

- La base de datos contiene información resumida de cada antena y su propósito dentro del aeropuerto, existen aun nodos sin asociación a una dependencia específica; el administrador aeroportuario notificó a las dependencias del aeropuerto sobre la existencia de infraestructura sin uso aparente. Si culminado el periodo establecido en la comunicación, esta infraestructura no es identificada por ninguna dependencia, se procederá a retirar la misma, dándole mayor orden a las instalaciones y mejorando la distribución de antenas a lo largo del aeropuerto.
- En cooperación con la SUPTEL se continuará con las verificaciones del espectro a nivel aeropuerto, la verificación realizada dentro del marco de este estudio es la primera realizada abarcando todas las instalaciones aeroportuarias. Los resultados son discretos pero importantes para el administrador aeroportuario. El orden y la legalidad de los canales de radio nos garantizará un entorno libre de interferencias y el uso adecuado de espectro. La verificación de sistemas de espectro ensanchado da una visión clara de proveedores con presencia a nivel aeropuerto y posibles enlaces sin permiso. Finalmente la verificación de RNI demuestra que el entorno aeroportuario esta lejos de ser un foco peligroso de este tipo de radiaciones.
- La política de Radiocomunicaciones, sigue un formato establecido para difusión dentro del Aeropuerto, es un resumen explicativo de los procedimientos y directrices para la instalación y operación de la infraestructura de Radiocomunicaciones en el aeropuerto, haciendo referencia a los procedimientos aceptados dentro del aeropuerto y normas importantes de carácter internacional. En cuanto a la operación de servicios, se puede hacer referencia únicamente al reglamento de radiocomunicaciones vigente publicado por el CONATEL y de acuerdo a estos lineamientos proceder a supervisar y controlar las aplicaciones de radio dentro del aeropuerto.

RECOMENDACIONES

- Como recomendación base se plantea la necesidad de dar mantenimiento y renovar mucha de la infraestructura desplegada en el aeropuerto, muchos usuarios se quejan de la calidad de la comunicación, sin embargo no consideran la posibilidad de renovar o actualizar sus equipos. Dentro de las inspecciones se comprobó que una parte sensible es el cableado el cual se encuentra muy deteriorado y en muchos casos es la causa de interrupciones en las comunicaciones, es por esto que toda nueva instalación deberá considerar el uso de ductería exclusiva para el cableado de antenas y la utilización del cable coaxial adecuado.
- En caso de intermitencia en el funcionamiento de los canales de radio o posibles interferencias, se deberá comprobar la integridad de la instalación, si persisten los problemas en los enlaces de radio se recomienda la utilización de medidores de potencia que certifiquen la calidad de los componentes y garanticen que la potencia reflejada y la falta de acoplamiento de los elementos no deteriore la comunicación. En última instancia se hará uso de un análisis espectral para determinar posibles incursiones de señales no deseadas sobre el sistema u otras emisiones interferentes.
- Siendo responsabilidad del administrador aeroportuario mantener al día la información almacenada en la base de datos de antenas y la actualización del mapa digital del aeropuerto, se le recomienda la difusión de la política presentada la que garantiza en gran medida que los usuarios proporcionen la información asociada a nuevas instalaciones y reubicaciones para de esta manera reflejar en todo momento datos reales y de utilidad para futuros análisis

ANEXOS

ANEXO 1

Alfabeto fonético de uso en las Comunicaciones de Radio

Letter	Word	Approximate pronunciation	
		International Phonetic Convention	Latin alphabet representation
A	Alfa	'ælfə	<u>AL</u> FAH
B	Bravo	'brɑ:'vɒ	<u>BRAH</u> VOH
C	Charlie	'tʃɑ:li or 'ʃɑ:li	<u>CHAR</u> LEE or <u>SHAR</u> LEE
D	Delta	'delta	<u>DELL</u> TAH
E	Echo	'eko	<u>ECK</u> OH
F	Foxtrot	'fɒkstrot	<u>F</u> OKS TROT
G	Golf	gɒlf	GOLF
H	Hotel	ho:'tel	HO <u>TELL</u>
I	India	'indi-ɑ	<u>IN</u> DEE AH
J	Juliett	'dʒu:li-'et	<u>JEW</u> LEE <u>ETT</u>
K	Kilo	'ki:lɒ	<u>KEY</u> LOH
L	Lima	'li:mɑ	<u>LEE</u> MAH
M	Mike	mɑik	MIKE
N	November	no'vembe	NO <u>YEM</u> BER
O	Oscar	'ɒskɑ	<u>OSS</u> CAH
P	Papa	pə'pɑ	PAH <u>PAH</u>
Q	Quebec	ke'bek	KEH <u>BECK</u>
R	Romeo	'rɒ:mi-ɒ	<u>ROW</u> ME OH
S	Sierra	si'ɛrɑ	SEE <u>AIR</u> RAH
T	Tango	'tæŋɡɒ	<u>TANG</u> GO
U	Uniform	'ju:nifo:m or 'u:nifo:m	<u>YOU</u> NEE FORM or <u>OO</u> NEE FORM
V	Victor	'viktɒ	<u>VIK</u> TAH
W	Whiskey	'wiski	<u>WISS</u> KEY
X	X-ray	'eks'rei	<u>ECKS</u> RAY
Y	Yankee	'jæŋki	<u>YANG</u> KEY
Z	Zulu	'zu:lɒ	<u>ZOO</u> LOO

Note.— In the approximate representation using the Latin alphabet, syllables to be emphasized are underlined.

ANEXO 2

Atribución del Espectro Radioeléctrico entre 3 MHz y 10 GHz

CUADRO NACIONAL DE ATRIBUCIÓN DE BANDAS DE FRECUENCIAS 3230 - 5003 kHz

REGIÓN 2	ECUADOR	
Banda kHz	Banda kHz	NOTAS
3230 - 3400 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico RADIODIFUSIÓN S5.113 S5.116 S5.118	3230 - 3400 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico RADIODIFUSIÓN S5.113 S5.116	EQA.10
3400 - 3500 MÓVIL AERONÁUTICO (R)	3400 - 3500 MÓVIL AERONÁUTICO (R)	
3500 - 3750 AFICIONADOS S5.119	3500 - 3750 AFICIONADOS	
3750 - 4000 AFICIONADOS FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico (R) S5.122 S5.125	3750 - 4000 AFICIONADOS FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico (R) S5.122	
4000 - 4063 FIJO MÓVIL MARÍTIMO S5.127	4000 - 4063 FIJO MÓVIL MARÍTIMO S5.127	
4063 - 4438 MÓVIL MARÍTIMO S5.79A S5.109 S5.110 S5.130 S5.131 S5.132 S5.128 S5.129	4063 - 4438 MÓVIL MARÍTIMO S5.79A S5.109 S5.110 S5.130 S5.131 S5.132 S5.129	
4438 - 4650 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico (R)	4438 - 4650 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico (R)	
4650 - 4700 MÓVIL AERONÁUTICO (R)	4650 - 4700 MÓVIL AERONÁUTICO (R)	
4700 - 4750 MÓVIL AERONÁUTICO (OR)	4700 - 4750 MÓVIL AERONÁUTICO (OR)	
4750 - 4850 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico (R) RADIODIFUSIÓN S5.113	4750 - 4850 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico (R) RADIODIFUSIÓN S5.113	EQA.10
4850 - 4995 FIJO MÓVIL TERRESTRE RADIODIFUSIÓN S5.113	4850 - 4995 FIJO MÓVIL TERRESTRE RADIODIFUSIÓN S5.113	EQA.10
4995 - 5003 FRECUENCIAS PATRÓN Y SEÑALES HORARIAS (5000 kHz)	4995 - 5003 FRECUENCIAS PATRÓN Y SEÑALES HORARIAS (5000 kHz)	

**CUADRO NACIONAL DE ATRIBUCIÓN DE BANDAS DE FRECUENCIAS
5003 - 7350 kHz**

REGIÓN 2	ECUADOR	
Banda kHz	Banda kHz	NOTAS
5003 - 5005 FRECUENCIAS PATRÓN Y SEÑALES HORARIAS Investigación espacial	5003 - 5005 FRECUENCIAS PATRÓN Y SEÑALES HORARIAS Investigación espacial	
5005 - 5060 FIJO RADIODIFUSIÓN S5.113	5005 - 5060 FIJO RADIODIFUSIÓN S5.113	EQA.10
5060 - 5250 FIJO Móvil salvo móvil aeronáutico	5060 - 5250 FIJO Móvil salvo móvil aeronáutico	
5250 - 5450 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico	5250 - 5450 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico	
5450 - 5480 MÓVIL AERONÁUTICO (R)	5450 - 5480 MÓVIL AERONÁUTICO (R)	
5480 - 5680 MÓVIL AERONÁUTICO (R) S5.111 S5.115	5480 - 5680 MÓVIL AERONÁUTICO (R) S5.111 S5.115	
5680 - 5730 MÓVIL AERONÁUTICO (OR) S5.111 S5.115	5680 - 5730 MÓVIL AERONÁUTICO (OR) S5.111 S5.115	
5730 - 5900 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico (R)	5730 - 5900 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico (R)	
5900 - 5950 RADIODIFUSIÓN S5.134 S5.136	5900 - 5950 RADIODIFUSIÓN S5.134 S5.136	EQA.15
5950 - 6200 RADIODIFUSIÓN	5950 - 6200 RADIODIFUSIÓN	EQA.15
6200 - 6525 MÓVIL MARÍTIMO S5.109 S5.110 S5.130 S5.132 S5.137	6200 - 6525 MÓVIL MARÍTIMO S5.109 S5.110 S5.130 S5.132 S5.137	
6525 - 6685 MÓVIL AERONÁUTICO (R)	6525 - 6685 MÓVIL AERONÁUTICO (R)	
6685 - 6765 MÓVIL AERONÁUTICO (OR)	6685 - 6765 MÓVIL AERONÁUTICO (OR)	

**CUADRO NACIONAL DE ATRIBUCIÓN DE BANDAS DE FRECUENCIAS
7350 - 13360 kHz**

REGIÓN 2	ECUADOR	
Banda kHz	Banda kHz	NOTAS
7350 - 8100 FIJO Móvil terrestre	7350 - 8100 FIJO Móvil terrestre	
8100 - 8195 FIJO MÓVIL MARÍTIMO	8100 - 8195 FIJO MÓVIL MARÍTIMO	
8195 - 8815 MÓVIL MARÍTIMO S5.109 S5.110 S5.132 S5.145 S5.111	8195 - 8815 MÓVIL MARÍTIMO S5.109 S5.110 S5.132 S5.145 S5.111	
8815 - 8965 MÓVIL AERONÁUTICO (R)	8815 - 8965 MÓVIL AERONÁUTICO (R)	
8965 - 9040 MÓVIL AERONÁUTICO (OR)	8965 - 9040 MÓVIL AERONÁUTICO (OR)	
9040 - 9400 FIJO	9040 - 9400 FIJO	
9400 - 9500 RADIODIFUSIÓN S5.134 S5.146	9400 - 9500 RADIODIFUSIÓN S5.134 S5.146	EQA.15
9500 - 9900 RADIODIFUSIÓN S5.147	9500 - 9900 RADIODIFUSIÓN S5.147	EQA.15
9900 - 9995 FIJO	9900 - 9995 FIJO	
9995 - 10003 FRECUENCIAS PATRÓN Y SEÑALES HORARIAS (10000 kHz) S5.111	9995 - 10003 FRECUENCIAS PATRÓN Y SEÑALES HORARIAS (10000 kHz) S5.111	
10003 - 10005 FRECUENCIAS PATRÓN Y SEÑALES HORARIAS Investigación espacial S5.111	10003 - 10005 FRECUENCIAS PATRÓN Y SEÑALES HORARIAS Investigación espacial S5.111	
10005 - 10100 MÓVIL AERONÁUTICO (R) S5.111	10005 - 10100 MÓVIL AERONÁUTICO (R) S5.111	
10100 - 10150 FIJO Aficionados	10100 - 10150 FIJO Aficionados	
10150 - 11175 FIJO Móvil salvo móvil aeronáutico (R)	10150 - 11175 FIJO Móvil salvo móvil aeronáutico (R)	
11175 - 11275 MÓVIL AERONÁUTICO (OR)	11175 - 11275 MÓVIL AERONÁUTICO (OR)	
11275 - 11400 MÓVIL AERONÁUTICO (R)	11275 - 11400 MÓVIL AERONÁUTICO (R)	
11400 - 11600 FIJO	11400 - 11600 FIJO	
11600 - 11650 RADIODIFUSIÓN S5.134 S5.146	11600 - 11650 RADIODIFUSIÓN S5.134 S5.146	EQA.15
11650 - 12050 RADIODIFUSIÓN S5.147	11650 - 12050 RADIODIFUSIÓN S5.147	EQA.15
12050 - 12100 RADIODIFUSIÓN S5.134 S5.146	12050 - 12100 RADIODIFUSIÓN S5.134 S5.146	EQA.15
12100 - 12230 FIJO	12100 - 12230 FIJO	
12230 - 13200 MÓVIL MARÍTIMO S5.109 S5.110 S5.132 S5.145	12230 - 13200 MÓVIL MARÍTIMO S5.109 S5.110 S5.132 S5.145	
13200 - 13260 MÓVIL AERONÁUTICO (OR)	13200 - 13260 MÓVIL AERONÁUTICO (OR)	
13260 - 13360 MÓVIL AERONÁUTICO (R)	13260 - 13360 MÓVIL AERONÁUTICO (R)	

**CUADRO NACIONAL DE ATRIBUCIÓN DE BANDAS DE FRECUENCIAS
13360 - 18030 kHz**

REGIÓN 2	ECUADOR	
Banda kHz	Banda kHz	NOTAS
13360 - 13410 FIJO RADIOASTRONOMÍA S5.149	13360 - 13410 FIJO RADIOASTRONOMÍA S5.149	
13410 - 13570 FIJO Móvil salvo móvil aeronáutico (R) S5.150	13410 - 13570 FIJO Móvil salvo móvil aeronáutico (R) S5.150	
13570 - 13600 RADIODIFUSIÓN S5.134 S5.151	13570 - 13600 RADIODIFUSIÓN S5.134 S5.151	EQA.15
13600 - 13800 RADIODIFUSIÓN	13600 - 13800 RADIODIFUSIÓN	EQA.15
13800 - 13870 RADIODIFUSIÓN S5.134 S5.151	13800 - 13870 RADIODIFUSIÓN S5.134 S5.151	EQA.15
13870 - 14000 FIJO Móvil salvo móvil aeronáutico (R)	13870 - 14000 FIJO Móvil salvo móvil aeronáutico (R)	
14000 - 14250 AFICIONADOS AFICIONADOS POR SATÉLITE	14000 - 14250 AFICIONADOS AFICIONADOS POR SATÉLITE	
14250 - 14350 AFICIONADOS	14250 - 14350 AFICIONADOS	
14350 - 14990 FIJO Móvil salvo móvil aeronáutico (R)	14350 - 14990 FIJO Móvil salvo móvil aeronáutico (R)	
14990 - 15005 FRECUENCIAS PATRÓN Y SEÑALES HORARIAS (15000 kHz) S5.111	14990 - 15005 FRECUENCIAS PATRÓN Y SEÑALES HORARIAS (15000 kHz) S5.111	
15005 - 15010 FRECUENCIAS PATRÓN Y SEÑALES HORARIAS Investigación espacial	15005 - 15010 FRECUENCIAS PATRÓN Y SEÑALES HORARIAS Investigación espacial	
15010 - 15100 MÓVIL AERONÁUTICO (OR)	15010 - 15100 MÓVIL AERONÁUTICO (OR)	
15100 - 15600 RADIODIFUSIÓN	15100 - 15600 RADIODIFUSIÓN	EQA.15
15600 - 15800 RADIODIFUSIÓN S5.134 S5.146	15600 - 15800 RADIODIFUSIÓN S5.134 S5.146	EQA.15
15800 - 16360 FIJO	15800 - 16360 FIJO	
16360 - 17410 MÓVIL MARÍTIMO S5.109 S5.110 S5.132 S5.145	16360 - 17410 MÓVIL MARÍTIMO S5.109 S5.110 S5.132 S5.145	
17410 - 17480 FIJO	17410 - 17480 FIJO	
17480 - 17550 RADIODIFUSIÓN S5.134 S5.146	17480 - 17550 RADIODIFUSIÓN S5.134 S5.146	EQA.15
17550 - 17900 RADIODIFUSIÓN	17550 - 17900 RADIODIFUSIÓN	EQA.15
17900 - 17970 MÓVIL AERONÁUTICO (R)	17900 - 17970 MÓVIL AERONÁUTICO (R)	
17970 - 18030 MÓVIL AERONÁUTICO (OR)	17970 - 18030 MÓVIL AERONÁUTICO (OR)	

**CUADRO NACIONAL DE ATRIBUCIÓN DE BANDAS DE FRECUENCIAS
75,2 - 137,175 MHz**

REGIÓN 2	ECUADOR	
Banda MHz	Banda MHz	NOTAS
75,2 - 75,4 FIJO MÓVIL	75,2 - 75,4 FIJO MÓVIL	
75,4 - 76 FIJO MÓVIL	75,4 - 76 FIJO MÓVIL	
76 - 88 RADIODIFUSION Fijo Móvil S5.185	76 - 88 RADIODIFUSION Fijo Móvil S5.185	EQA.30
88 - 100 RADIODIFUSION	88 - 108 RADIODIFUSION	EQA.35
100 - 108 RADIODIFUSION		
108 - 117,975 RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA	108 - 117,975 RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA	
117,975 - 137 MÓVIL AERONÁUTICO (R) S5.111 S5.198 S5.199 S5.200 S5.203	117,975 - 137 MÓVIL AERONÁUTICO (R) S5.111 S5.198 S5.199 S5.200 S5.203	
137 - 137,025 OPERACIONES ESPACIALES (espacio-Tierra) METEOROLOGÍA POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra) S5.208A S5.209 INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio-Tierra) Fijo Móvil salvo móvil aeronáutico (R) S5.204 S5.208	137 - 137,025 OPERACIONES ESPACIALES (espacio-Tierra) METEOROLOGÍA POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra) S5.208A S5.209 INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio-Tierra) Fijo Móvil salvo móvil aeronáutico (R) S5.208	EQA.40
137,025 - 137,175 OPERACIONES ESPACIALES (espacio-Tierra) METEOROLOGÍA POR SATÉLITE (espacio-Tierra) INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio-Tierra) Fijo Móvil por satélite (espacio-Tierra) S5.208A S5.209 Móvil salvo móvil aeronáutico (R) S5.204 S5.208	137,025 - 137,175 OPERACIONES ESPACIALES (espacio-Tierra) METEOROLOGÍA POR SATÉLITE (espacio-Tierra) INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio-Tierra) Fijo Móvil por satélite (espacio-Tierra) S5.208A S5.209 Móvil salvo móvil aeronáutico (R) S5.208	EQA.40

**CUADRO NACIONAL DE ATRIBUCIÓN DE BANDAS DE FRECUENCIAS
137,175 - 148 MHz**

REGIÓN 2	ECUADOR	NOTAS
Banda MHz 137,175 - 137,825 OPERACIONES ESPACIALES (espacio-Tierra) METEOROLOGÍA POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra) S5.208A S5.209 INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio-Tierra) Fijo Móvil salvo móvil aeronáutico (R) S5.204 S5.208	Banda MHz 137,175 - 137,825 OPERACIONES ESPACIALES (espacio-Tierra) METEOROLOGÍA POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra) S5.208A S5.209 INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio-Tierra) Fijo Móvil salvo móvil aeronáutico (R) S5.208	EQA.40
137,825 - 138 OPERACIONES ESPACIALES (espacio-Tierra) METEOROLOGÍA POR SATÉLITE (espacio-Tierra) INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio-Tierra) Fijo Móvil por satélite (espacio-Tierra) S5.208A S5.209 Móvil salvo móvil aeronáutico (R) S5.204 S5.208	137,825 - 138 OPERACIONES ESPACIALES (espacio-Tierra) METEOROLOGÍA POR SATÉLITE (espacio-Tierra) INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio-Tierra) Fijo Móvil por satélite (espacio-Tierra) S5.208A S5.209 Móvil salvo móvil aeronáutico (R) S5.208	EQA.40
138 - 143,6 FIJO MÓVIL RADIOLOCALIZACIÓN Investigación espacial (espacio-Tierra)	138 - 143,6 FIJO MÓVIL RADIOLOCALIZACIÓN Investigación espacial (espacio-Tierra)	EQA.45
143,6 - 143,65 FIJO MÓVIL RADIOLOCALIZACIÓN INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio-Tierra)	143,6 - 143,65 FIJO MÓVIL RADIOLOCALIZACIÓN INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio-Tierra)	EQA.45
143,65 - 144 FIJO MÓVIL RADIOLOCALIZACIÓN Investigación espacial (espacio-Tierra)	143,65 - 144 FIJO MÓVIL RADIOLOCALIZACIÓN Investigación espacial (espacio-Tierra)	EQA.45
144 - 146 AFICIONADOS AFICIONADOS POR SATÉLITE	144 - 146 AFICIONADOS AFICIONADOS POR SATÉLITE	
146 - 148 AFICIONADOS S5.217	146 - 148 AFICIONADOS	

**CUADRO NACIONAL DE ATRIBUCIÓN DE BANDAS DE FRECUENCIAS
148 - 220 MHz**

REGIÓN 2	ECUADOR	
Banda MHz	Banda MHz	NOTAS
148 - 149,9 FIJO MÓVIL MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio) S5.209 S5.218 S5.219 S5.221	148 - 149,9 FIJO MÓVIL MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio) S5.209 S5.218 S5.219	EQA.40 EQA.50
149,9 - 150,05 MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio) S5.209 S5.224A RADIONAVEGACIÓN POR SATÉLITE S5.224B S5.220 S5.222 S5.223	149,9 - 150,05 MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio) S5.209 S5.224A RADIONAVEGACIÓN POR SATÉLITE S5.224B S5.220 S5.222 S5.223	
150,05 - 156,7625 FIJO MÓVIL S5.226 S5.227	150,05 - 156,7625 FIJO MÓVIL S5.226 S5.227	EQA.55
156,7625 - 156,8375 MÓVIL MARÍTIMO (socorro y llamada) S5.111 S5.226	156,7625 - 156,8375 MÓVIL MARÍTIMO (socorro y llamada) S5.111 S5.226	
156,8375 - 174 FIJO MÓVIL S5.226	156,8375 - 174 FIJO MÓVIL S5.226	EQA.55 EQA.60
174 - 216 RADIODIFUSIÓN Fijo Móvil S5.234	174 - 216 RADIODIFUSIÓN Fijo Móvil	EQA.65
216 - 220 FIJO MÓVIL MARÍTIMO Radiolocalización S5.241 S5.242	216 - 220 FIJO MÓVIL MARÍTIMO Radiolocalización S5.241	

**CUADRO NACIONAL DE ATRIBUCIÓN DE BANDAS DE FRECUENCIAS
220 - 335,4 MHz**

REGIÓN 2	ECUADOR	NOTAS
Banda MHz	Banda MHz	
220 - 225 AFICIONADOS FIJO MÓVIL Radiolocalización S5.241	220 - 225 AFICIONADOS FIJO MÓVIL Radiolocalización S5.241	
225 - 235 FIJO MÓVIL	225 - 235 FIJO MÓVIL	EQA.70
235 - 267 FIJO MÓVIL S5.111 S5.199 S5.254 S5.256	235 - 267 FIJO MÓVIL S5.111 S5.199 S5.254 S5.256	EQA.75
267 - 272 FIJO MÓVIL Operaciones espaciales (espacio-Tierra) S5.254 S5.257	267 - 272 FIJO MÓVIL Operaciones espaciales (espacio-Tierra) S5.254 S5.257	
272 - 273 OPERACIONES ESPACIALES (espacio-Tierra) FIJO MÓVIL S5.254	272 - 273 OPERACIONES ESPACIALES (espacio-Tierra) FIJO MÓVIL S5.254	
273 - 312 FIJO MÓVIL S5.254	273 - 312 FIJO MÓVIL S5.254	
312 - 315 FIJO MÓVIL Móvil por satélite (Tierra-espacio) S5.254 S5.255	312 - 315 FIJO MÓVIL Móvil por satélite (Tierra-espacio) S5.254 S5.255	EQA.40
315 - 322 FIJO MÓVIL S5.254	315 - 322 FIJO MÓVIL S5.254	
322 - 328,6 FIJO MÓVIL RADIOASTRONOMÍA S5.149	322 - 328,6 FIJO MÓVIL RADIOASTRONOMÍA S5.149	
328,6 - 335,4 RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA S5.258	328,6 - 335,4 RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA S5.258	

**CUADRO NACIONAL DE ATRIBUCIÓN DE BANDAS DE FRECUENCIAS
335,4 - 410 MHz**

REGIÓN 2	ECUADOR	NOTAS
335,4 - 387 FIJO MÓVIL S5.254	335,4 - 387 FIJO MÓVIL S5.254	EQA.75
387 - 390 FIJO MÓVIL Móvil por satélite (espacio-Tierra) S5.208A S5.254 S5.255	387 - 390 FIJO MÓVIL Móvil por satélite (espacio-Tierra) S5.208A S5.254 S5.255	EQA.40
390 - 399,9 FIJO MÓVIL S5.254	390 - 399,9 FIJO MÓVIL S5.254	
399,9 - 400,05 MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio) S5.209 S5.224A RADIONAVEGACIÓN POR SATÉLITE S5.222 S5.224B S5.260 S5.220	399,9 - 400,05 MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio) S5.209 S5.224A RADIONAVEGACIÓN POR SATÉLITE S5.222 S5.224B S5.260 S5.220	
400,05 - 400,15 FRECUENCIAS PATRÓN Y SEÑALES HORARIAS POR SATÉLITE (400,1 MHz) S5.261 S5.262	400,05 - 400,15 FRECUENCIAS PATRÓN Y SEÑALES HORARIAS POR SATÉLITE (400,1 MHz) FIJO MÓVIL S5.261 S5.262	
400,15 - 401 AYUDAS A LA METEOROLOGÍA METEOROLOGÍA POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra) S5.208A S5.209 INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio-Tierra) S5.263 Operaciones espaciales (espacio-Tierra) S5.262 S5.264	400,15 - 401 AYUDAS A LA METEOROLOGÍA METEOROLOGÍA POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra) S5.208A S5.209 INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio-Tierra) S5.263 Operaciones espaciales (espacio-Tierra) FIJO MÓVIL S5.262 S5.264	EQA.40
401 - 402 AYUDAS A LA METEOROLOGÍA OPERACIONES ESPACIALES (espacio-Tierra) EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (Tierra-espacio) METEOROLOGÍA POR SATÉLITE (Tierra-espacio) Fijo Móvil salvo móvil aeronáutico	401 - 402 AYUDAS A LA METEOROLOGÍA OPERACIONES ESPACIALES (espacio-Tierra) EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (Tierra-espacio) METEOROLOGÍA POR SATÉLITE (Tierra-espacio) Fijo Móvil salvo móvil aeronáutico	
402 - 403 AYUDAS A LA METEOROLOGÍA EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (Tierra-espacio) METEOROLOGÍA POR SATÉLITE (Tierra-espacio) Fijo Móvil salvo móvil aeronáutico	402 - 403 AYUDAS A LA METEOROLOGÍA EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (Tierra-espacio) METEOROLOGÍA POR SATÉLITE (Tierra-espacio) Fijo Móvil salvo móvil aeronáutico	
403 - 406 AYUDAS A LA METEOROLOGÍA Fijo Móvil salvo móvil aeronáutico	403 - 406 AYUDAS A LA METEOROLOGÍA Fijo Móvil salvo móvil aeronáutico	
406 - 406,1 MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio) S5.266 S5.267	406 - 406,1 MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio) S5.266 S5.267	
406,1 - 410 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico RADIOASTRONOMÍA S5.149	406,1 - 410 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico RADIOASTRONOMÍA S5.149	EQA.80

**CUADRO NACIONAL DE ATRIBUCIÓN DE BANDAS DE FRECUENCIAS
410 - 470 MHz**

REGIÓN 2	ECUADOR	
Banda MHz	Banda MHz	NOTAS
410 - 420 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio-espacio) S5.268	410 - 420 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio-espacio) S5.268	EQA.85
420 - 430 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico Radiolocalización S.269 S5.270	420 - 430 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico Radiolocalización	EQA.90 EQA.95
430 - 440 RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados S5.276 S5.278 S5.279 S5.281 S5.282	430 - 440 RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados FIJO MÓVIL S5.276 S5.281 S5.282	EQA.100
440 - 450 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico Radiolocalización S5.269 S5.270 S5.284 S5.285 S5.286	440 - 450 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico Radiolocalización S5.286	EQA.105
450 - 455 FIJO MÓVIL S5.209 S5.286 S5.286A S5.286B S5.286C S5.286D	450 - 455 FIJO MÓVIL S5.209 S5.286 S5.286A S5.286B S5.286C	EQA.55
455 - 456 FIJO MÓVIL MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio) S5.286A S5.286B S5.286C S5.209	455 - 456 FIJO MÓVIL MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio) S5.286A S5.286B S5.286C S5.209	EQA.110
456 - 459 FIJO MÓVIL S5.287 S5.288	456 - 459 FIJO MÓVIL S5.287	EQA.55
459 - 460 FIJO MÓVIL MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio) S5.286A S5.286B S5.286C S5.209	459 - 460 FIJO MÓVIL MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio) S5.286A S5.286B S5.286C S5.209	EQA.110
460 - 470 FIJO MÓVIL Meteorología por satélite (espacio-Tierra) S5.287 S5.288 S5.289	460 - 470 FIJO MÓVIL Meteorología por satélite (espacio-Tierra) S5.287 S5.289	EQA.55

**CUADRO NACIONAL DE ATRIBUCIÓN DE BANDAS DE FRECUENCIAS
890 - 1350 MHz**

REGIÓN 2	ECUADOR	
Banda MHz	Banda MHz	NOTAS
890 - 902 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico S5.XXX Radiolocalización S5.318 S5.325	890 - 902 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico S5.XXX Radiolocalización	EQA.140 EQA.145 EQA.165
902 - 928 FIJO Aficionados Móvil salvo móvil aeronáutico S5.CCC Radiolocalización S5.150 S5.325 S5.326	902 - 928 FIJO Aficionados Móvil salvo móvil aeronáutico Radiolocalización S5.150	EQA.140 EQA.150 EQA.155
928 - 942 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico S5.XXX Radiolocalización S5.325	928 - 942 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico S5.XXX Radiolocalización	EQA.140 EQA.155 EQA.160 EQA. 165
942 - 960 FIJO MÓVIL S5.XXX	942 - 960 FIJO MÓVIL S5.XXX	EQA.155 EQA.170
960 - 1215 RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA S5.328 S5.328A	960 - 1215 RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA S5.328 S5.328A	
1215 - 1240 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) RADIOLOCALIZACIÓN RADIONAVEGACIÓN POR SATÉLITE (espacio-Tierra) (espacio-espacio) S5.329 S5.329A INVESTIGACIÓN ESPACIAL (activo) S5.332	1215 - 1240 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) RADIOLOCALIZACIÓN RADIONAVEGACIÓN POR SATÉLITE (espacio-Tierra) (espacio-espacio) S5.329 S5.329A INVESTIGACIÓN ESPACIAL (activo) S5.332	
1240 - 1260 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) RADIOLOCALIZACIÓN RADIONAVEGACIÓN POR SATÉLITE (espacio-Tierra) (espacio-espacio) S5.329 S5.329A INVESTIGACIÓN ESPACIAL (activo) Aficionados S5.330 S5.332 S5.334 S5.335	1240 - 1260 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) RADIOLOCALIZACIÓN RADIONAVEGACIÓN POR SATÉLITE (espacio-Tierra) (espacio-espacio) S5.329 S5.329A INVESTIGACIÓN ESPACIAL (activo) Aficionados S5.332	
1260 - 1300 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) RADIOLOCALIZACIÓN RADIONAVEGACIÓN POR SATÉLITE (espacio-Tierra) (espacio-espacio) S5.329 S5.329A INVESTIGACIÓN ESPACIAL (activo) Aficionados S5.282 S5.333 S5.334 S5.335	1260 - 1300 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) RADIOLOCALIZACIÓN RADIONAVEGACIÓN POR SATÉLITE (espacio-Tierra) (espacio-espacio) S5.329 S5.329A INVESTIGACIÓN ESPACIAL (activo) Aficionados S5.282 S5.333	
1300 - 1350 RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA S5.337 RADIOLOCALIZACIÓN RADIONAVEGACIÓN POR SATÉLITE (Tierra-espacio) S5.149 S5.337A	1300 - 1350 RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA S5.337 RADIOLOCALIZACIÓN RADIONAVEGACIÓN POR SATÉLITE (Tierra-espacio) S5.149 S5.337A	

**CUADRO NACIONAL DE ATRIBUCIÓN DE BANDAS DE FRECUENCIAS
1350 - 1525 MHz**

REGIÓN 2	ECUADOR	
Banda MHz	Banda MHz	NOTAS
1350 - 1400 RADIOLOCALIZACIÓN S5.149 S5.334 S5.339	1350 - 1400 RADIOLOCALIZACIÓN S5.149 S5.339	
1400 - 1427 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (pasivo) RADIOASTRONOMÍA INVESTIGACIÓN ESPACIAL (pasivo) S5.340 S5.341	1400 - 1427 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (pasivo) RADIOASTRONOMÍA INVESTIGACIÓN ESPACIAL (pasivo) S5.340 S5.341	EQA.155
1427 - 1429 OPERACIONES ESPACIALES (Tierra-espacio) FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico S5.341	1427 - 1429 OPERACIONES ESPACIALES (Tierra-espacio) FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico S5.341	EQA.155
1429 - 1452 FIJO MÓVIL S5.343 S5.341	1429 - 1452 FIJO MÓVIL S5.343 S5.341	EQA.155
1452 - 1492 FIJO MÓVIL S5.343 RADIODIFUSIÓN S5.345 S5.347 RADIODIFUSIÓN POR SATÉLITE S5.345 S5.347 S5.341 S5.344	1452 - 1492 FIJO MÓVIL S5.343 RADIODIFUSIÓN S5.345 RADIODIFUSIÓN POR SATÉLITE S5.345 S5.341	
1492 - 1525 FIJO MÓVIL S5.343 MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra) S5.348A S5.341 S5.344 S5.348	1492 - 1525 FIJO MÓVIL S5.343 MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra) S5.348A S5.341 S5.344 S5.348	EQA.155

**CUADRO NACIONAL DE ATRIBUCIÓN DE BANDAS DE FRECUENCIAS
1525 - 1610 MHz**

REGIÓN 2	ECUADOR	
Banda MHz	Banda MHz	NOTAS
1525 - 1530 OPERACIONES ESPACIALES (espcio-Tierra) MÓVIL POR SATÉLITE (espcio-Tierra) S5.SSS Exploración de la Tierra por satélite Fijo Móvil S5.343 S5.341 S5.351 S5.354	1525 - 1530 OPERACIONES ESPACIALES (espcio-Tierra) MÓVIL POR SATÉLITE (espcio-Tierra) S5.SSS Exploración de la Tierra por satélite Fijo Móvil S5.343 S5.341 S5.351 S5.354	EQA.40
1530 - 1535 OPERACIONES ESPACIALES (espcio-Tierra) MÓVIL POR SATÉLITE (espcio-Tierra) S5.353A S5.SSS Exploración de la Tierra por satélite Fijo Móvil S5.343 S5.341 S5.351 S5.354	1530 - 1535 OPERACIONES ESPACIALES (espcio-Tierra) MÓVIL POR SATÉLITE (espcio-Tierra) S5.353A S5.SSS Exploración de la Tierra por satélite Fijo Móvil S5.343 S5.341 S5.351 S5.354	EQA.40
1535 - 1559 MÓVIL POR SATÉLITE (espcio-Tierra) S5.SSS S5.341 S5.351 S5.353A S5.354 S5.356 S5.357 S5.357A S5.362A	1535 - 1559 MÓVIL POR SATÉLITE (espcio-Tierra) S5.SSS S5.341 S5.351 S5.353A S5.354 S5.356 S5.357 S5.357A	EQA.40
1559 - 1610 RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA RADIONAVEGACIÓN POR SATÉLITE (espcio-Tierra) (espcio-espcio) S5.329A S5.341	1559 - 1610 RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA RADIONAVEGACIÓN POR SATÉLITE (espcio-Tierra) (espcio-espcio) S5.329A S5.341	

**CUADRO NACIONAL DE ATRIBUCIÓN DE BANDAS DE FRECUENCIAS
1610 - 1660 MHz**

REGIÓN 2	ECUADOR	
Banda MHz	Banda MHz	NOTAS
1610 - 1610,6 MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio) S5.SSS RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA RADIODETERMINACIÓN POR SATÉLITE (Tierra-espacio) S5.341 S5.364 S5.366 S5.367 S5.368 S5.370 S5.372	1610 - 1610,6 MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio) S5.SSS RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA RADIODETERMINACIÓN POR SATÉLITE (Tierra-espacio) S5.341 S5.364 S5.366 S5.367 S5.368 S5.372	EQA.40
1610,6 - 1613,8 MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio) S5.SSS RADIOASTRONOMÍA RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA RADIODETERMINACIÓN POR SATÉLITE (Tierra-espacio) S5.149 S5.341 S5.364 S5.366 S5.367 S5.368 S5.370 S5.372	1610,6 - 1613,8 MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio) S5.SSS RADIOASTRONOMÍA RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA RADIODETERMINACIÓN POR SATÉLITE (Tierra-espacio) S5.149 S5.5.341 S5.364 S5.366 S5.367 S5.368 S5.372	EQA.40
1613,8 - 1626,5 MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio) S5.SSS RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA RADIODETERMINACIÓN POR SATÉLITE (Tierra-espacio) Móvil por satélite (espacio-Tierra) S5.341 S5.364 S5.365 S5.366 S5.367 S5.368 S5.370 S5.372	1613,8 - 1626,5 MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio) S5.SSS RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA RADIODETERMINACIÓN POR SATÉLITE (Tierra-espacio) Móvil por satélite (espacio-Tierra) S5.341 S5.364 S5.365 S5.366 S5.367 S5.368 S5.372	EQA.40
1626,5 - 1660 MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio) S5.SSS S5.341 S5.351 S5.353A S5.354 S5.357A S5.362A S5.374 S5.375 S5.376	1626,5 - 1660 MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio) S5.SSS S5.341 S5.351 S5.353A S5.354 S5.357A S5.374 S5.375 S5.376	EQA.40

**CUADRO NACIONAL DE ATRIBUCIÓN DE BANDAS DE FRECUENCIAS
2170 - 2520 MHz**

REGIÓN 2	ECUADOR	
Banda MHz	Banda MHz	NOTAS
2170 - 2200 FIJO MÓVIL MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra) S5.388 S5.389A	2170 - 2200 FIJO MÓVIL MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra) S5.388 S5.389A	EQA.40 EQA.180
2200 - 2290 OPERACIONES ESPACIALES (espacio-Tierra) (espacio-espacio) EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (espacio-Tierra) (espacio-espacio) FIJO MÓVIL S5.391 INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio-Tierra) (espacio-espacio) S5.392	2200 - 2290 OPERACIONES ESPACIALES (espacio-Tierra) (espacio-espacio) EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (espacio-Tierra) (espacio-espacio) FIJO MÓVIL S5.391 INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio-Tierra) (espacio-espacio) S5.392	EQA.185
2290 - 2300 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio lejano) (espacio-Tierra)	2290 - 2300 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio lejano) (espacio-Tierra)	EQA.185
2300 - 2450 FIJO MÓVIL RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados S5.150 S5.282 S5.393 S5.394 S5.396	2300 - 2450 FIJO MÓVIL RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados S5.150 S5.282 S5.396	EQA.190 EQA.195
2450 - 2483,5 FIJO MÓVIL RADIOLOCALIZACIÓN S5.150 S5.394	2450 - 2483,5 FIJO MÓVIL RADIOLOCALIZACIÓN S5.150	EQA.195
2483,5 - 2500 FIJO MÓVIL MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra) S5.SSS RADIOLOCALIZACIÓN RADIODETERMINACIÓN POR SATÉLITE (espacio- Tierra) S5.398 S5.150 S5.402	2483,5 - 2500 FIJO MÓVIL MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra) S5.SSS RADIOLOCALIZACIÓN RADIODETERMINACIÓN POR SATÉLITE (espacio- Tierra) S5.398 S5.150 S5.402	EQA.40 EQA.200
2500 - 2520 FIJO S5.409 S5.411 FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) S5.415 MÓVIL salvo móvil aeronáutico S5.AAA MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra) S5.403 S5.SSS S5.407 S5.414	2500 - 2520 FIJO S5.409 S5.411 FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) S5.415 MÓVIL salvo móvil aeronáutico S5.AAA MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra) S5.403 S5.SSS S5.407 S5.414	EQA.40 EQA.205

**CUADRO NACIONAL DE ATRIBUCIÓN DE BANDAS DE FRECUENCIAS
2520 - 2700 MHz**

REGIÓN 2	ECUADOR	
Banda MHz	Banda MHz	NOTAS
2520 - 2655 FIJO S5.409 S5.411 FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) S5.415 MÓVIL salvo móvil aeronáutico S5.AAA RADIODIFUSIÓN POR SATÉLITE S5.413 S5.416 S5.339 S5.403 [S5.XXX2] S5.[XXX3]	2520 - 2655 FIJO S5.409 S5.411 FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) S5.415 MÓVIL salvo móvil aeronáutico S5.AAA RADIODIFUSIÓN POR SATÉLITE S5.413 S5.416 S5.339 S5.403 [S5.XXX2] S5.[XXX3]	EQA.205
2655 - 2670 FIJO S5.409 S5.411 FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) (espacio-Tierra) S5.415 MÓVIL salvo móvil aeronáutico S5.AAA RADIODIFUSIÓN POR SATÉLITE S5.413 S5.416 Exploración de la tierra por satélite (pasivo) Radioastronomía Investigación espacial (pasivo) S5.149 S5.420	2655 - 2670 FIJO S5.409 S5.411 FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) (espacio-Tierra) S5.415 MÓVIL salvo móvil aeronáutico S5.AAA RADIODIFUSIÓN POR SATÉLITE S5.413 S5.416 Exploración de la tierra por satélite (pasivo) Radioastronomía Investigación espacial (pasivo) S5.149 S5.420	EQA. 205
2670 - 2690 FIJO S5.409 S5.411 FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) (espacio-Tierra) S5.415 MÓVIL salvo móvil aeronáutico S5.AAA MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio) S5.SSS Exploración de la Tierra por satélite (pasivo) Radioastronomía Investigación espacial (pasivo) S5.149 S5.419 S5.420	2670 - 2690 FIJO S5.409 S5.411 FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) (espacio-Tierra) S5.415 MÓVIL salvo móvil aeronáutico S5.AAA MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio) S5.SSS Exploración de la Tierra por satélite (pasivo) Radioastronomía Investigación espacial (pasivo) S5.149 S5.419 S5.420	EQA.40 EQA.205
2690 - 2700 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (pasivo) RADIOASTRONOMÍA INVESTIGACIÓN ESPACIAL (pasivo) S5.340 S5.422	2690 - 2700 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (pasivo) RADIOASTRONOMÍA INVESTIGACIÓN ESPACIAL (pasivo) S5.340	

**CUADRO NACIONAL DE ATRIBUCIÓN DE BANDAS DE FRECUENCIAS
4800 - 5830 MHz**

REGIÓN 2	ECUADOR	
Banda MHz	Banda MHz	NOTAS
4800 - 4990 FIJO MÓVIL S5.442 Radioastronomía S5.149 S5.339 S5.443	4800 - 4990 FIJO MÓVIL S5.442 Radioastronomía S5.149 S5.339	
4990 - 5000 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico RADIOASTRONOMÍA Investigación espacial (pasivo) S5.149	4990 - 5000 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico RADIOASTRONOMÍA Investigación espacial (pasivo) S5.149	
5000 - 5150 RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA S5.367 S5.444 S5.444A S5.444B S5.444C	5000 - 5150 RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA S5.367 S5.444 S5.444A S5.444B S5.444C	
5150 - 5250 RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) S5.447A S5.446 S5.447B S5.447C	5150 - 5250 RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) S5.447A S5.446 S5.447B S5.447C	
5250 - 5255 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) RADIOLOCALIZACIÓN INVESTIGACIÓN ESPACIAL S5.447D S5.448A	5250 - 5255 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) RADIOLOCALIZACIÓN INVESTIGACIÓN ESPACIAL S5.447D S5.448A	
5255 - 5350 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) RADIOLOCALIZACIÓN INVESTIGACIÓN ESPACIAL (activo) S5.448A	5255 - 5350 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) RADIOLOCALIZACIÓN INVESTIGACIÓN ESPACIAL (activo) S5.448A	
5350 - 5460 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) S5.448B RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA S5.449 Radiolocalización	5350 - 5460 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) S5.448B RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA S5.449 Radiolocalización	
5460 - 5470 RADIONAVEGACIÓN S5.449 Radiolocalización	5460 - 5470 RADIONAVEGACIÓN S5.449 Radiolocalización	
5470 - 5650 RADIONAVEGACIÓN MARÍTIMA Radiolocalización S5.452	5470 - 5650 RADIONAVEGACIÓN MARÍTIMA Radiolocalización S5.452	
5650 - 5725 RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados Investigación espacial (espacio lejano) S5.282 S5.455	5650 - 5725 RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados Investigación espacial (espacio lejano) S5.282	
5725 - 5830 RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados S5.150 S5.455	5725 - 5830 RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados S5.150	EQA.215

**CUADRO NACIONAL DE ATRIBUCIÓN DE BANDAS DE FRECUENCIAS
5830 - 7550 MHz**

REGIÓN 2	ECUADOR	NOTAS
Banda MHz 5830 - 5850 RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados Aficionados por satélite (espacio-Tierra) S5.150 S5.455	Banda MHz 5830 - 5850 RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados Aficionados por satélite (espacio-Tierra) S5.150	EQA. 215
5850 - 5925 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) MÓVIL Aficionados Radiolocalización S5.150	5850 - 5925 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) MÓVIL Aficionados Radiolocalización S5.150	
5925 - 6700 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) MÓVIL S5.149 S5.440 S5.458	5925 - 6700 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) MÓVIL S5.149 S5.440 S5.458	EQA.155
6700 - 7075 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra -espacio) (espacio-Tierra) S5.441 MÓVIL S5.458 S5.458A S5.458B S5.458C	6700 - 7075 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra -espacio) (espacio-Tierra) S5.441 MÓVIL S5.458 S5.458A S5.458B S5.458C	EQA.155 EQA.220
7075 - 7250 FIJO MÓVIL S5.458 S5.460	7075 - 7250 FIJO MÓVIL S5.458 S5.460	EQA.155
7250 - 7300 FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL S5.461	7250 - 7300 FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL S5.461	EQA.155
7300 - 7450 FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL salvo móvil aeronáutico S5.461	7300 - 7450 FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL salvo móvil aeronáutico S5.461	EQA.155
7450 - 7550 FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) METEOROLOGÍA POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL salvo móvil aeronáutico S5.461A	7450 - 7550 FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) METEOROLOGÍA POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL salvo móvil aeronáutico S5.461A	EQA.155

**CUADRO NACIONAL DE ATRIBUCIÓN DE BANDAS DE FRECUENCIAS
7550 - 8750 MHz**

REGIÓN 2	ECUADOR	
Banda MHz	Banda MHz	NOTAS
7550 - 7750 FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL salvo móvil aeronáutico	7550 - 7750 FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL salvo móvil aeronáutico	EQA.155
7750 - 7850 FIJO METEOROLOGÍA POR SATÉLITE (espacio-Tierra) S5.461B MÓVIL salvo móvil aeronáutico	7750 - 7850 FIJO METEOROLOGÍA POR SATÉLITE (espacio-Tierra) S5.461B MÓVIL salvo móvil aeronáutico	EQA.155
7850 - 7900 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico	7850 - 7900 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico	EQA.155
7900 - 8025 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) MÓVIL S5.461	7900 - 8025 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) MÓVIL S5.461	EQA.155
8025 - 8175 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (espacio-Tierra) FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) MÓVIL S5.463	8025 - 8175 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (espacio-Tierra) FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) MÓVIL S5.463	EQA.155
8175 - 8215 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (espacio-Tierra) FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) METEOROLOGÍA POR SATÉLITE (Tierra-espacio) MÓVIL S5.463	8175 - 8215 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (espacio-Tierra) FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) METEOROLOGÍA POR SATÉLITE (Tierra-espacio) MÓVIL S5.463	EQA.155
8215 - 8400 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (espacio-Tierra) FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) MÓVIL S5.463	8215 - 8400 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (espacio-Tierra) FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) MÓVIL S5.463	EQA.155
8400 - 8500 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio-Tierra) S5.465	8400 - 8500 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio-Tierra) S5.465	EQA.155
8500 - 8550 RADIOLOCALIZACIÓN S5.468	8500 - 8550 RADIOLOCALIZACIÓN	
8550 - 8650 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) RADIOLOCALIZACIÓN INVESTIGACIÓN ESPACIAL (activo) S5.468 S5.469A	8550 - 8650 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) RADIOLOCALIZACIÓN INVESTIGACIÓN ESPACIAL (activo) S5.469A	
8650 - 8750 RADIOLOCALIZACIÓN S5.468	8650 - 8750 RADIOLOCALIZACIÓN	

**CUADRO NACIONAL DE ATRIBUCIÓN DE BANDAS DE FRECUENCIAS
8750 - 10000 MHz**

REGIÓN 2	ECUADOR	
Banda MHz	Banda MHz	NOTAS
8750 - 8850 RADIOLOCALIZACIÓN RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA S5.470	8750 - 8850 RADIOLOCALIZACIÓN RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA S5.470	
8850 - 9000 RADIOLOCALIZACIÓN RADIONAVEGACIÓN MARÍTIMA S5.472 S5.473	8850 - 9000 RADIOLOCALIZACIÓN RADIONAVEGACIÓN MARÍTIMA S5.472	
9000 - 9200 RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA S5.337 Radiolocalización	9000 - 9200 RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA S5.337 Radiolocalización	
9200 - 9300 RADIOLOCALIZACIÓN RADIONAVEGACIÓN MARÍTIMA S5.472 S5.473 S5.474	9200 - 9300 RADIOLOCALIZACIÓN RADIONAVEGACIÓN MARÍTIMA S5.472 S5.474	
9300 - 9500 RADIONAVEGACIÓN S5.476 Radiolocalización S5.427 S5.474 S5.475	9300 - 9500 RADIONAVEGACIÓN S5.476 Radiolocalización S5.427 S5.474 S5.475	
9500 - 9800 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) RADIOLOCALIZACIÓN RADIONAVEGACIÓN INVESTIGACIÓN ESPACIAL (activo) S5.476A	9500 - 9800 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) RADIOLOCALIZACIÓN RADIONAVEGACIÓN INVESTIGACIÓN ESPACIAL (activo) S5.476A	
9800 - 10000 RADIOLOCALIZACIÓN Fijo S5.477 S5.479	9800 - 10000 RADIOLOCALIZACIÓN Fijo S5.479	

ANEXO 3

Canalización de las Frecuencias en Banda Aérea 118 – 137 Mhz.

Frequency (MHz)	Annotations	Frequency (MHz)	Annotations
121.5	Emergency frequency	121.95	Reserved for aerodrome surface communications [see Table 4-1, Item c)]
123.1	Auxiliary frequency SAR	121.625	
121.60	Reserved for aerodrome surface communications [see Table 4-1, Item c)]	121.675	
121.65		121.725	
121.70		121.775	
121.75		121.825	
121.80		121.875	
121.85		121.925	
121.90		121.975	

GROUP A
Frequencies (MHz)

118.00	118.90	119.80	120.70	123.80	124.70	125.60	126.50	127.40	128.30	129.20	131.20
118.10	119.00	119.90	120.80	123.90	124.80	125.70	126.60	127.50	128.40	129.30	131.30
118.20	119.10	120.00	120.90	124.00	124.90	125.80	126.70	127.60	128.50	129.40	131.40
118.30	119.20	120.10	121.00	124.10	125.00	125.90	126.80	127.70	128.60	129.50	131.50
118.40	119.30	120.20	121.10	124.20	125.10	126.00	126.90	127.80	128.70	129.60	131.60
118.50	119.40	120.30	121.20	124.30	125.20	126.10	127.00	127.90	128.80	130.90	131.70
118.60	119.50	120.40	121.30	124.40	125.30	126.20	127.10	128.00	128.90	131.00	131.80
118.70	119.60	120.50	121.40	124.50	125.40	126.30	127.20	128.10	129.00	131.10	131.90
118.80	119.70	120.60	123.70	124.60	125.50	126.40	127.30	128.20	129.10		

GROUP B
Frequencies (MHz)

118.05	118.95	119.85	120.75	123.95	124.85	125.75	126.65	127.55	128.45	129.25	131.25
118.15	119.05	119.95	120.85	124.05	124.95	125.85	126.75	127.65	128.55	129.35	131.35
118.25	119.15	120.05	120.95	124.15	125.05	125.95	126.85	127.75	128.65	129.45	131.45
118.35	119.25	120.15	121.05	124.25	125.15	126.05	126.95	127.85	128.75	129.55	131.55
118.45	119.35	120.25	121.15	124.35	125.25	126.15	127.05	127.95	128.85	129.65	131.65
118.55	119.45	120.35	121.25	124.45	125.35	126.25	127.15	128.05	128.95	130.95	131.75
118.65	119.55	120.45	121.35	124.55	125.45	126.35	127.25	128.15	129.05	131.05	131.85
118.75	119.65	120.55	123.75	124.65	125.55	126.45	127.35	128.25	129.15	131.15	131.95
118.85	119.75	120.65	123.85	124.75	125.65	126.55	127.45	128.35			

GROUP C
Frequencies (MHz)

132.00	132.35	132.70	133.05	133.40	133.75	134.10	134.45	134.80	135.10	135.40	135.70
132.05	132.40	132.75	133.10	133.45	133.80	134.15	134.50	134.85	135.15	135.45	135.75
132.10	132.45	132.80	133.15	133.50	133.85	134.20	134.55	134.90	135.20	135.50	135.80
132.15	132.50	132.85	133.20	133.55	133.90	134.25	134.60	134.95	135.25	135.55	135.85
132.20	132.55	132.90	133.25	133.60	133.95	134.30	134.65	135.00	135.30	135.60	135.90
132.25	132.60	132.95	133.30	133.65	134.00	134.35	134.70	135.05	135.35	135.65	135.95
132.30	132.65	133.00	133.35	133.70	134.05	134.40	134.75				

GROUP D
Frequencies (MHz)

132.025	132.525	133.025	133.525	134.025	134.525	135.025	135.525	136.000	136.250	136.500	136.750
132.075	132.575	133.075	133.575	134.075	134.575	135.075	135.575	136.025	136.275	136.525	136.775
132.125	132.625	133.125	133.625	134.125	134.625	135.125	135.625	136.050	136.300	136.550	136.800
132.175	132.675	133.175	133.675	134.175	134.675	135.175	135.675	136.075	136.325	136.575	136.825
132.225	132.725	133.225	133.725	134.225	134.725	135.225	135.725	136.100	136.350	136.600	136.850
132.275	132.775	133.275	133.775	134.275	134.775	135.275	135.775	136.125	136.375	136.625	136.875
132.325	132.825	133.325	133.825	134.325	134.825	135.325	135.825	136.150	136.400	136.650	136.900
132.375	132.875	133.375	133.875	134.375	134.875	135.375	135.875	136.175	136.425	136.675	136.925
132.425	132.925	133.425	133.925	134.425	134.925	135.425	135.925	136.200	136.450	136.700	136.950
132.475	132.975	133.475	133.975	134.475	134.975	135.475	135.975	136.225	136.475	136.725	136.975

GROUP E
Frequencies (MHz)

118.025	118.925	119.825	120.725	123.925	124.825	125.725	126.575	127.425	128.275	129.125	131.175
118.075	118.975	119.875	120.775	123.975	124.875	125.775	126.625	127.475	128.325	129.175	131.225
118.125	119.025	119.925	120.825	124.025	124.925	125.825	126.675	127.525	128.375	129.225	131.275
118.175	119.075	119.975	120.875	124.075	124.975	125.875	126.725	127.575	128.425	129.275	131.325
118.225	119.125	120.025	120.925	124.125	125.025	125.925	126.775	127.625	128.475	129.325	131.375
118.275	119.175	120.075	120.975	124.175	125.075	125.975	126.825	127.675	128.525	129.375	131.425
118.325	119.225	120.125	121.025	124.225	125.125	126.025	126.875	127.725	128.575	129.425	131.475
118.375	119.275	120.175	121.075	124.275	125.175	126.075	126.925	127.775	128.625	129.475	131.525
118.425	119.325	120.225	121.125	124.325	125.225	126.125	126.975	127.825	128.675	129.525	131.575
118.475	119.375	120.275	121.175	124.375	125.275	126.175	127.025	127.875	128.725	129.575	131.625
118.525	119.425	120.325	121.225	124.425	125.325	126.225	127.075	127.925	128.775	129.625	131.675
118.575	119.475	120.375	121.275	124.475	125.375	126.275	127.125	127.975	128.825	129.675	131.725
118.625	119.525	120.425	121.325	124.525	125.425	126.325	127.175	128.025	128.875	130.925	131.775
118.675	119.575	120.475	121.375	124.575	125.475	126.375	127.225	128.075	128.925	130.975	131.825
118.725	119.625	120.525	123.725	124.625	125.525	126.425	127.275	128.125	128.975	131.025	131.875
118.775	119.675	120.575	123.775	124.675	125.575	126.475	127.325	128.175	129.025	131.075	131.925
118.825	119.725	120.625	123.825	124.725	125.625	126.525	127.375	128.225	129.075	131.125	131.975
118.875	119.775	120.675	123.875	124.775	125.675						

GROUP F
(see also Table 4-1 (bis))

118.000 – 121.400 in 8.33 kHz steps

121.600 – 123.050 in 8.33 kHz steps

123.150 – 136.475 in 8.33 kHz steps

ANEXO 4

Mapa Espectral del Aeropuerto Mariscal Sucre

	Sistema o Servicio en Operación	Frec1 MHz	Frec2 MHz	Referencia
HF	Servicio Móvil Aeronáutico HF	2,8	22	Reglamento de Radiocomunicaciones UIT
	Frecuencias de Búsqueda y Salvamento	3.023	5.68	OACI anexo 10 vol.5
	Red DAC HF Emergencia	5	6	Electrónica DAC
	Alas del Socorro Frecuencias HF	5.425	5.695	Medición 14-15 Sep
	TAME Frecuencias HF	5.72	9.29	Medición 14-15 Sep
	Corbantrade Frecuencias HF	7.15	14.375	Medición 14-15 Sep
VHF	Banda Radionavegación Aeronáutica VHF	108	117,975	Atribución del Espectro Radioeléctrico
	Frecuencia ILS Cabecera Norte	110.5	-	Electrónica DAC
	VOR Monjas	114.8	-	Electrónica DAC
	VOR Condorcocha	115.3	-	Electrónica DAC
	Banda Aérea VHF - Servicio Móvil Aeronáutico	118	137	Reglamento de Radiocomunicaciones UIT
	Frecuencia VHF TWR Superficie	118.1	118.35	Electrónica DAC
	Frecuencias VHF TWR Aproximación	119.7	-	Electrónica DAC
	Transmisores de localización de emergencia ELT	121.5	123.1	OACI anexo 10 vol.5
	TWR Frecuencia VHF Superficie	121.9	121.7	Electrónica DAC
	Activación Luces Reils	122.8	-	Electrónica DAC
	Activación Luces PAPIS	123	-	Electrónica DAC
	LAN Airlines Frecuencias VHF	131.2	127.8	Medición 14-15 Sep
	SERVIAG Frecuencia VHF	129	-	Medición 14-15 Sep
	Santa Barbara Frecuencia VHF	129	-	Medición 14-15 Sep
	Continental Airlines Frecuencia VHF	129.925	-	Medición 14-15 Sep
	UPS Frecuencia VHF	130.25	-	Medición 14-15 Sep
	American Airlines Frecuencia VHF	130.6975	-	Medición 14-15 Sep
	SAEREO Frecuencia VHF	131.25	-	Medición 14-15 Sep
	IBERIA Frecuencia VHF	131.65	-	Medición 14-15 Sep
	Frecuencia Tierra Aire VHF KLM	131.85	-	Medición 14-15 Sep
EMSA-AirMadrid-Delta Frecuencia VHF	131.925	-	Medición 14-15 Sep	
TACA VHF	131.95	118.2	Medición 14-15 Sep	
Frecuencia Tierra Aire VHF Avianca	132.025	-	Medición 14-15 Sep	
	Banda Comercial Servicios Fijo-Móvil VHF	138	156	Atribución del Espectro Radioeléctrico

	TAME Frecuencia VHF	133.6	-	Medición 14-15 Sep
	TACA Frecuencia Móvil Ch1	137.55	-	Medición 14-15 Sep
	LONGPORT Services Frecuencia Móvil Ch1	148.15	-	Medición 14-15 Sep
	LONGPORT Services Frecuencia Móvil Ch2	149.05	-	Medición 14-15 Sep
	I.A.S.G Seguridad Frecuencia Móvil Ch1	153.905	-	Medición 14-15 Sep
	KLM Frecuencia Móvil Ch1	155.175	-	Medición 14-15 Sep
	KLM Frecuencia Móvil Ch2	155.575	-	Medición 14-15 Sep
	I.A.S.G Seguridad Frecuencia Móvil Ch2	155.8	-	Medición 14-15 Sep
	Banda Radionavegación Aeronáutica UHF	328,6	335,4	Atribución del Espectro Radioeléctrico
	Frecuencia UHF Glide	329.6	-	Radioayudas DAC
	Banda Comercial Servicios Fijo-Móvil UHF	440	512	Atribución del Espectro Radioeléctrico
UHF	Enlace Meteorología Estaciones-Oficina	446.15	-	Meteorología DAC
	TAME Frecuencia Móvil Uhf Ch1	451.2	-	Medición 14-15 Sep
	Santa Barbara Frecuencia Móvil Ch1	451.725	-	Medición 14-15 Sep
	Santa Barbara Frecuencia Móvil Ch3	451.775	-	Medición 14-15 Sep
	TECNOACES Seguridad Frecuencia Móvil Ch2	452.5875	-	Medición 14-15 Sep
	Cooperativa de Taxis Aeropuerto Ch2	454.175	-	Medición 14-15 Sep
	Santa Barbara Frecuencia Móvil Ch4	454.3	-	Medición 14-15 Sep
	Santa Barbara Frecuencia Móvil Ch2	455.8	-	Medición 14-15 Sep
	TAME Frecuencia Móvil Ch4	456.2	-	Medición 14-15 Sep
	TECNOACES Seguridad Frecuencia Móvil Ch1	457.5875	-	Medición 14-15 Sep
	Cooperativa de Taxis Aeropuerto Ch1	459.175	-	Medición 14-15 Sep
	Avianca Frecuencia Móvil Uhf	460.125	465.125	Medición 14-15 Sep
	COPA Airlines Frecuencia Móvil Ch3	461.1375	-	Medición 14-15 Sep
	COPA Airlines Frecuencia Móvil Ch4	462.8375	-	Medición 14-15 Sep
	COPA Airlines Frecuencia Móvil Ch5	462.8625	-	Medición 14-15 Sep
	Santa Barbara Frecuencia Móvil Ch5	463.7625	-	Medición 14-15 Sep
	Santa Barbara Frecuencia Móvil Ch6	463.775	-	Medición 14-15 Sep
	Santa Barbara Frecuencia Móvil Ch7	463.825	-	Medición 14-15 Sep
	Sistema AWOS (Automated Weather Observing Station)	464.05	-	Meteorología DAC
	SAB Frecuencia Móvil Ch4	464.25	-	Medición 14-15 Sep
	Sistema ATIS - Información Meteorológica	464.53	-	Electrónica DAC
	COPA Airlines Frecuencia Móvil Ch6	464.7625	-	Medición 14-15 Sep
	COPA Airlines Frecuencia Móvil Ch2	467.0875	-	Medición 14-15 Sep
	COPA Airlines Frecuencia Móvil Ch8	467.0875	-	Medición 14-15 Sep
	COPA Airlines Frecuencia Móvil Ch1	467.7625	-	Medición 14-15 Sep
	COPA Airlines Frecuencia Móvil Ch7	467.7625	-	Medición 14-15 Sep
	SAB Frecuencia Móvil Ch1	468.275	-	Medición 14-15 Sep
	SAB Frecuencia Móvil Ch3	469.25	-	Medición 14-15 Sep
	TAME Frecuencia Móvil Ch2	470	-	Medición 14-15 Sep
	TAME Frecuencia Móvil Ch3	470.125	-	Medición 14-15 Sep
	SAB Frecuencia Móvil Ch2	470.125	-	Medición 14-15 Sep
	LAN Airport Services H.G.A Rampas Ch1	470.2	-	Medición 14-15 Sep
	TAME Frecuencia Móvil Ch5	470.325	-	Medición 14-15 Sep
American Airlines Frecuencia Móvil Ch1	470.725	-	Medición 14-15 Sep	
W.F.D. Seguridad Frecuencia Móvil Ch1	470.8	-	Medición 14-15 Sep	
American Airlines Frecuencia Móvil Ch2	470.825	-	Medición 14-15 Sep	
W.F.D. Seguridad Frecuencia Móvil Ch2	470.975	-	Medición 14-15 Sep	

American Airlines Frecuencia Móvil Ch3	471	-	Medición 14-15 Sep
Frecuencia Operaciones-Bomberos ADC&HAS	473.65	478.65	ADC&HAS
LAN Airlines Frecuencia Móvil Ch1	473.025	-	Medición 14-15 Sep
LAN Airlines Frecuencia Móvil Ch2	473.125	-	Medición 14-15 Sep
Gate Gourmet Frecuencia Móvil Ch2	474.1	-	Medición 14-15 Sep
Frecuencia Sistemas-PMU ADC&HAS	474.175	479.175	ADC&HAS
Frecuencia Mantenimiento-General ADC&HAS	475.35	480.35	ADC&HAS
IBERIA Frecuencia Móvil Ch1	475.55	-	Medición 14-15 Sep
	475.675	-	Medición 14-15 Sep
Frecuencia Emergencia AIMS	476.65	481.65	ADC&HAS
Gate Gourmet Frecuencia Móvil Ch1	479.1	-	Medición 14-15 Sep
Telemerc Frecuencia Móvil Ch1	480.675	-	Medición 14-15 Sep
Aerogal Frecuencia Móvil Ch7	482.025	-	Medición 14-15 Sep
Aerogal Frecuencia Móvil Ch3	482.1	-	Medición 14-15 Sep
UPS Frecuencia Móvil Ch1	482.25	-	Medición 14-15 Sep
ICARO Frecuencia Móvil Ch1	482.3	-	Medición 14-15 Sep
ICARO Frecuencia Móvil Ch2	482.325	-	Medición 14-15 Sep
EMSA - AirMadrid Frecuencia Móvil Ch3	482.65	-	Medición 14-15 Sep
DAC - Ecuafuel Frecuencia Móvil Ch1	483.675	-	Medición 14-15 Sep
Continental Airlines Frecuencia Móvil Ch1	484.275	-	Medición 14-15 Sep
ICARO Frecuencia Móvil Ch3	484.375	-	Medición 14-15 Sep
Continental Airlines Frecuencia Móvil Ch2	484.475	-	Medición 14-15 Sep
EMSA - AirMadrid Frecuencia Móvil Ch5	485.5	-	Medición 14-15 Sep
EMSA - AirMadrid Frecuencia Móvil Ch4	485.55	-	Medición 14-15 Sep
EMSA - AirMadrid Frecuencia Móvil Ch6	486.65	-	Medición 14-15 Sep
DAC - Ecuafuel Frecuencia Móvil Ch2	488.675	-	Medición 14-15 Sep
LAAR Seguridad Frecuencia Móvil Ch2	490.55	-	Medición 14-15 Sep
EMSA - AirMadrid Frecuencia Móvil Ch2	490.975	-	Medición 14-15 Sep
INTERCARGA Frecuencia Móvil Ch2	492.6	-	Medición 14-15 Sep
Aerogal Frecuencia Móvil Ch2	492.85	-	Medición 14-15 Sep
Aerogal Frecuencia Móvil Ch5	493.125	-	Medición 14-15 Sep
SERVIAG Frecuencia Móvil Ch2	496.5	-	Medición 14-15 Sep
LAAR Seguridad Frecuencia Móvil Ch1	496.55	-	Medición 14-15 Sep
SERVIAG Frecuencia Móvil Ch3	496.55	-	Medición 14-15 Sep
EMSA Frecuencia Móvil Ch1	496.975	-	Medición 14-15 Sep
PROSEGPRIM Seguridad Frecuencia Móvil Ch2	497.6875	-	Medición 14-15 Sep
INTERCARGA Frecuencia Móvil Ch1	498.6	-	Medición 14-15 Sep
Aerogal Frecuencia Móvil Ch4	498.85	-	Medición 14-15 Sep
Aerogal Frecuencia Móvil Ch6	499.125	-	Medición 14-15 Sep
COPA Airlines Seguridad Ch1	500.875	-	Medición 14-15 Sep
Segumax Frecuencia Móvil Ch2	500.925	-	Medición 14-15 Sep
DAC Frecuencia Móvil General	502.075	508.075	Electrónica DAC
DAC Frecuencia Móvil TWR	502.175	508.175	Electrónica DAC
SERVIAG Frecuencia Móvil Ch1	506.1	-	Medición 14-15 Sep
PROSEGPRIM Seguridad Frecuencia Móvil Ch1	506.875	-	Medición 14-15 Sep
COPA Airlines Seguridad Frecuencia Móvil Ch2	506.875	-	Medición 14-15 Sep
Segumax Frecuencia Móvil Ch1	506.925	-	Medición 14-15 Sep
DAC - Ecuafuel Frecuencia Móvil Ch3	508.0125	-	Medición 14-15 Sep
Aerogal Frecuencia Móvil Ch1	509.2	-	Medición 14-15 Sep
Banda Sistemas Troncalizados UHF	806	824	Atribución del Espectro Radioeléctrico

	DELVI Troncalizado Ch1	811.5125	-	Medición 14-15 Sep
	Servipallet Troncalizado Ch4	811.6625	-	Medición 14-15 Sep
	Servipallet Troncalizado Ch2	811.7625	-	Medición 14-15 Sep
	LAN Cargo Troncalizado	812.0125	-	Medición 14-15 Sep
	Servipallet Troncalizado Ch5	813.0625	-	Medición 14-15 Sep
	Servipallet Troncalizado Ch3	813.3125	-	Medición 14-15 Sep
	Servipallet Troncalizado Ch1	813.6625	-	Medición 14-15 Sep
	TransRabbit SA Troncalizado	816.6125	-	Medición 14-15 Sep
	SAEREO Troncalizado Ch2	816.7375	-	Medición 14-15 Sep
	EXTECOMEX SA Troncalizado	817.6125	-	Medición 14-15 Sep
	Martin Air - Tampa Cargo Troncalizado Ch1	817.6125	-	Medición 14-15 Sep
	VIP Troncalizado Ch1	818.0625	-	Medición 14-15 Sep
	SAEREO Troncalizado Ch1	818.3625	-	Medición 14-15 Sep
	Martin Air - Tampa Cargo Troncalizado Ch2	818.6125	-	Medición 14-15 Sep
	Martin Air - Tampa Cargo Troncalizado Ch3	818.8625	-	Medición 14-15 Sep
	Martin Air - Tampa Cargo Troncalizado Ch4	819.1125	-	Medición 14-15 Sep
	SORCIAR Troncalizado	819.115	-	Medición 14-15 Sep
	SAEREO Troncalizado Ch3	820.1125	-	Medición 14-15 Sep
	VIP Troncalizado Ch2	820.5625	-	Medición 14-15 Sep
	Martin Air - Tampa Cargo Troncalizado Ch5	820.8625	-	Medición 14-15 Sep
	Banda Sistemas Troncalizados UHF	851	869	Atribución del Espectro Radioeléctrico
	VIP Troncalizado Ch3	852.2625	-	Medición 14-15 Sep
	Servicio Fijo UHF	1452	1525	Atribución del Espectro Radioeléctrico
	Enlace UHF TWR-Monjas	1459	1523	Electrónica DAC
	Banda de Espectro Ensanchado UHF	2400	2500	Atribución del Espectro Radioeléctrico
	Enlaces de Datos en Dependencias de SAEREO, AndesPetrol, Aerogal, ICARO			
SHF	Servicio Fijo por Satélite Banda C	3700	4200	Atribución del Espectro Radioeléctrico
	Información Metereológica - Sistema ISCS / WAFS	4164.2	-	NOAA/ISCS
	Banda de Espectro Ensanchado SHF	5725	5850	Atribución del Espectro Radioeléctrico
	Enlaces de Datos en Dependencias de Brigada Aérea del Ejercito, VIP, Avianca Deprisa, Iberia, Migración, Servipagos, ADC&HAS, Bco. Guayaquil, American Deli, Petrocomercial			
	Servicio Fijo por Satélite	5925	6700	Atribución del Espectro Radioeléctrico
	Red Satelital AFTN	6082.75	6083.8	Electrónica DAC

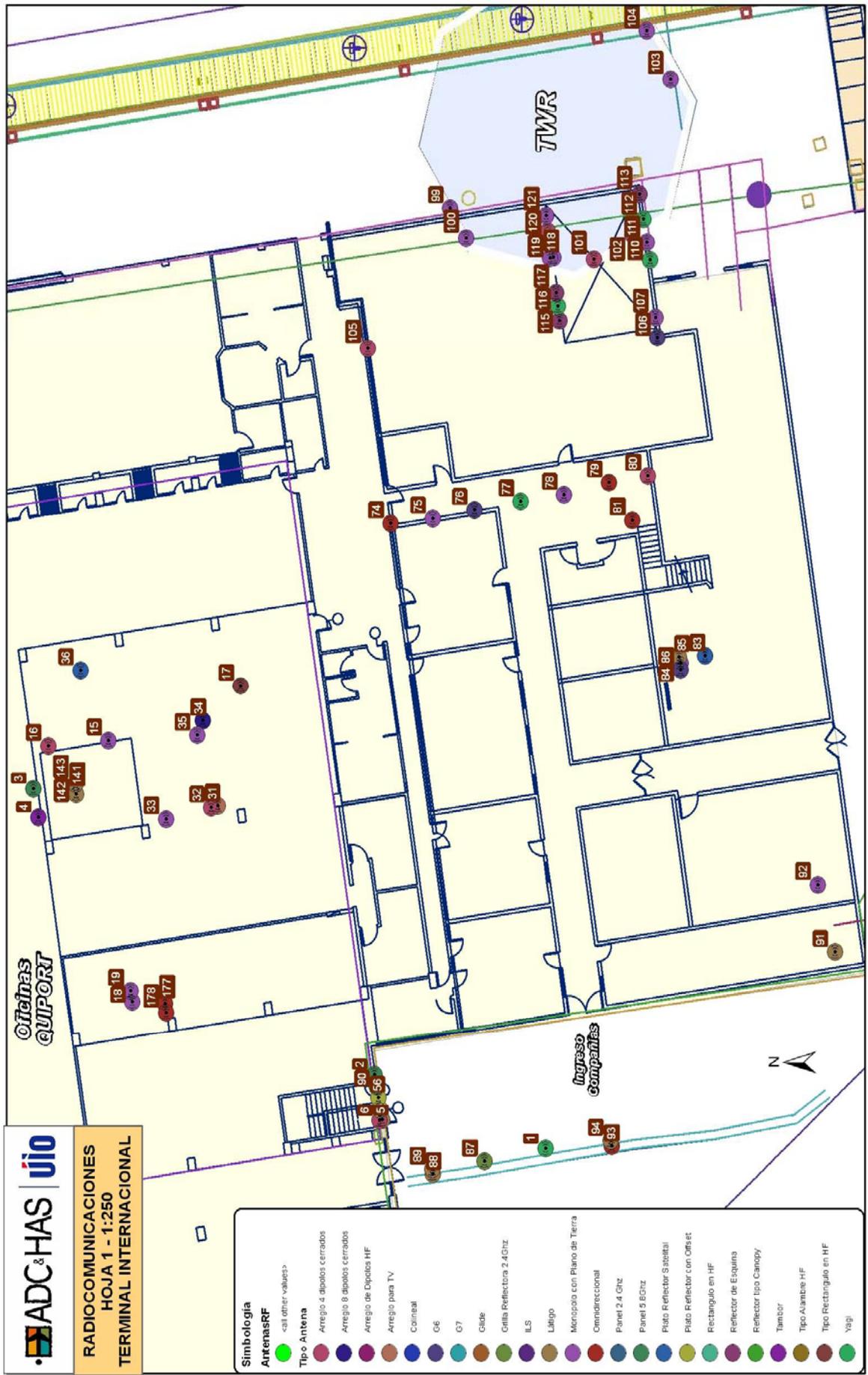
ANEXO 5

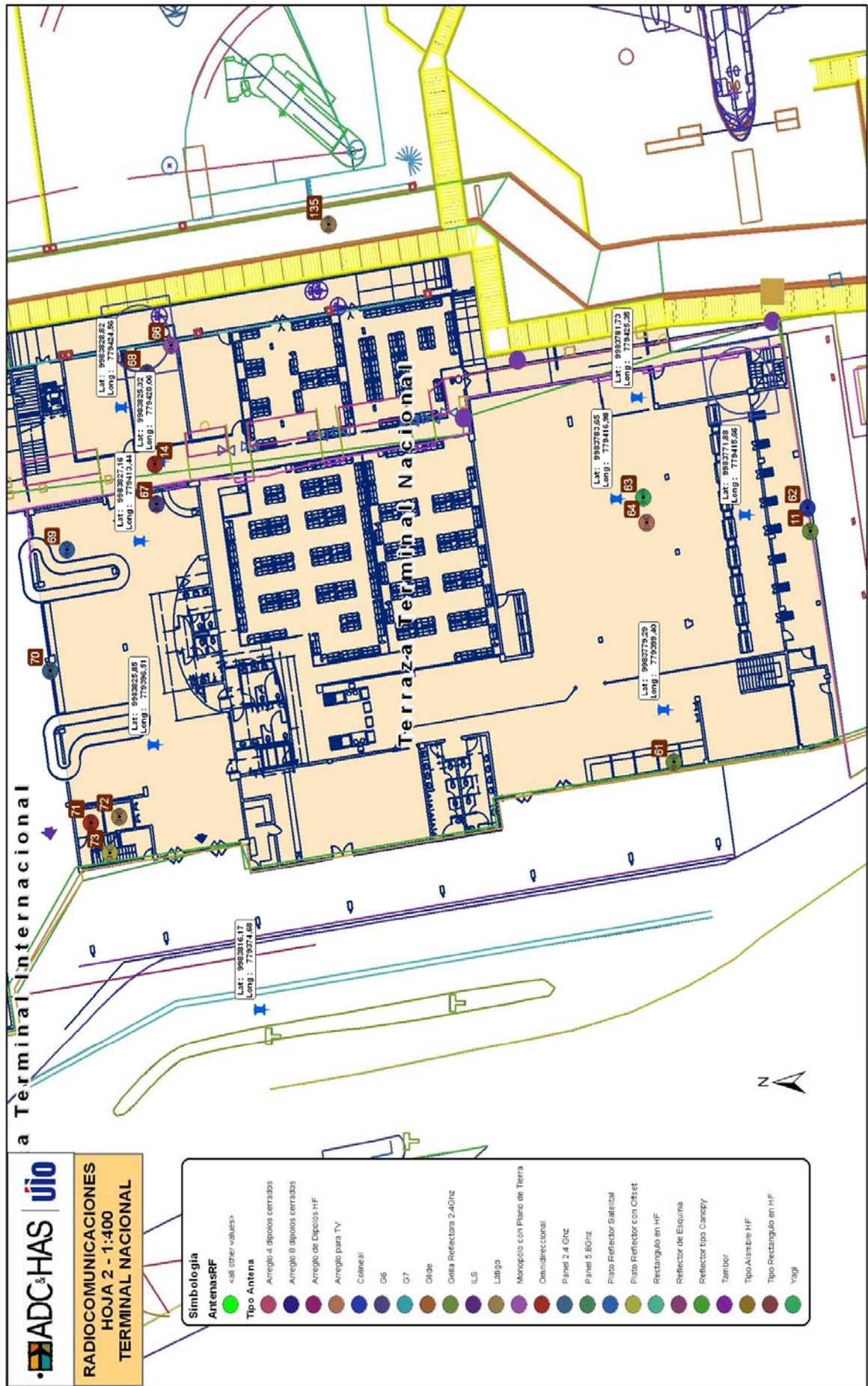
Características Importantes de Cables Coaxiales RG

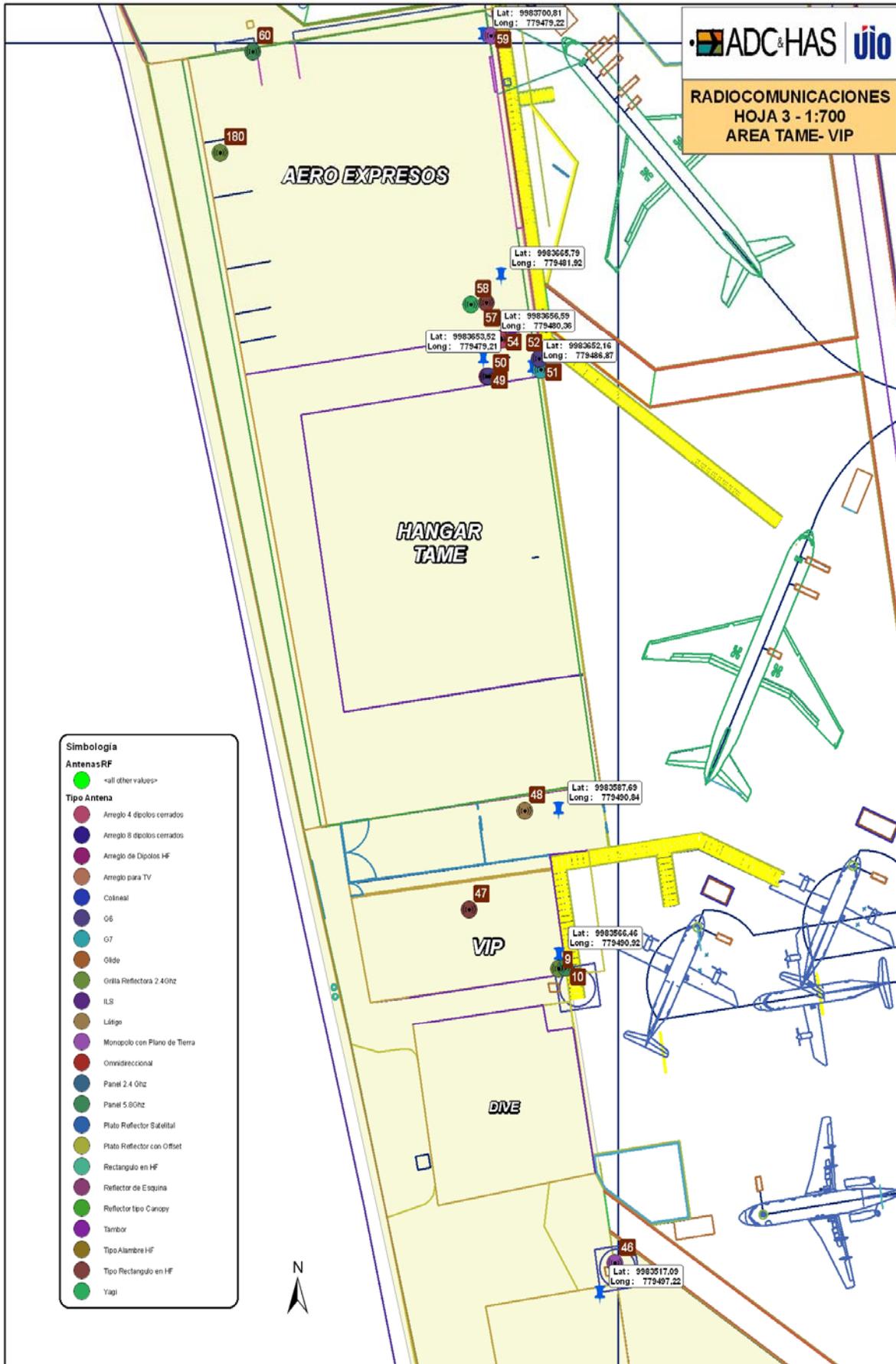
Tipo de Cable	Impedancia $Z_0 \Omega$	Dielectrico	Diametro (pulgadas)	Atenuación dB/100 ft	Blindaje
RG-4	50	PE	0,226	11,7	Malla
RG-5	52,5	PE	0,332	7	Malla
RG-6	75	PE	0,332	7,4	Malla
RG-8	52	PE	0,405	6	Malla
RG-9	51	PE	0,42	5,9	Malla
RG-10	52	PE	0,463	6	Malla
RG-11	75	PE	0,405	5,7	Malla
RG-12	75	PE	0,463	5,7	Malla
RG-17	52	PE	0,87	2,8	Malla
RG-22	95	PE	0,405	10,5	Malla
RG-23A	125	PE	0,65	5,2	Malla
RG-24A	125	PE	0,708	5,2	Malla
RG-34	71	PE	0,625	5,3	Malla
RG-35	71	PE	0,928	2,8	Malla
RG-55	53,5	PE	0,2	11,7	Malla
RG-58	53,5	PE	0,195	11,7	Malla
RG-59	75	PE	0,242	10,5	Malla
RG-62	93	ASP	0,242	8	Malla
RG-63	125	ASP	0,405	5,5	Malla
RG-65	950	ASP	0,405	16	Malla
RG-71	93	ASP	0,245	8	Malla
RG-79	125	ASP	0,436	5,5	Malla
RG-83	35	PE	0,405	9	Malla
RG-108	78	PE	0,235	2,8	Malla
RG-111	95	PE	0,478	10,5	Malla

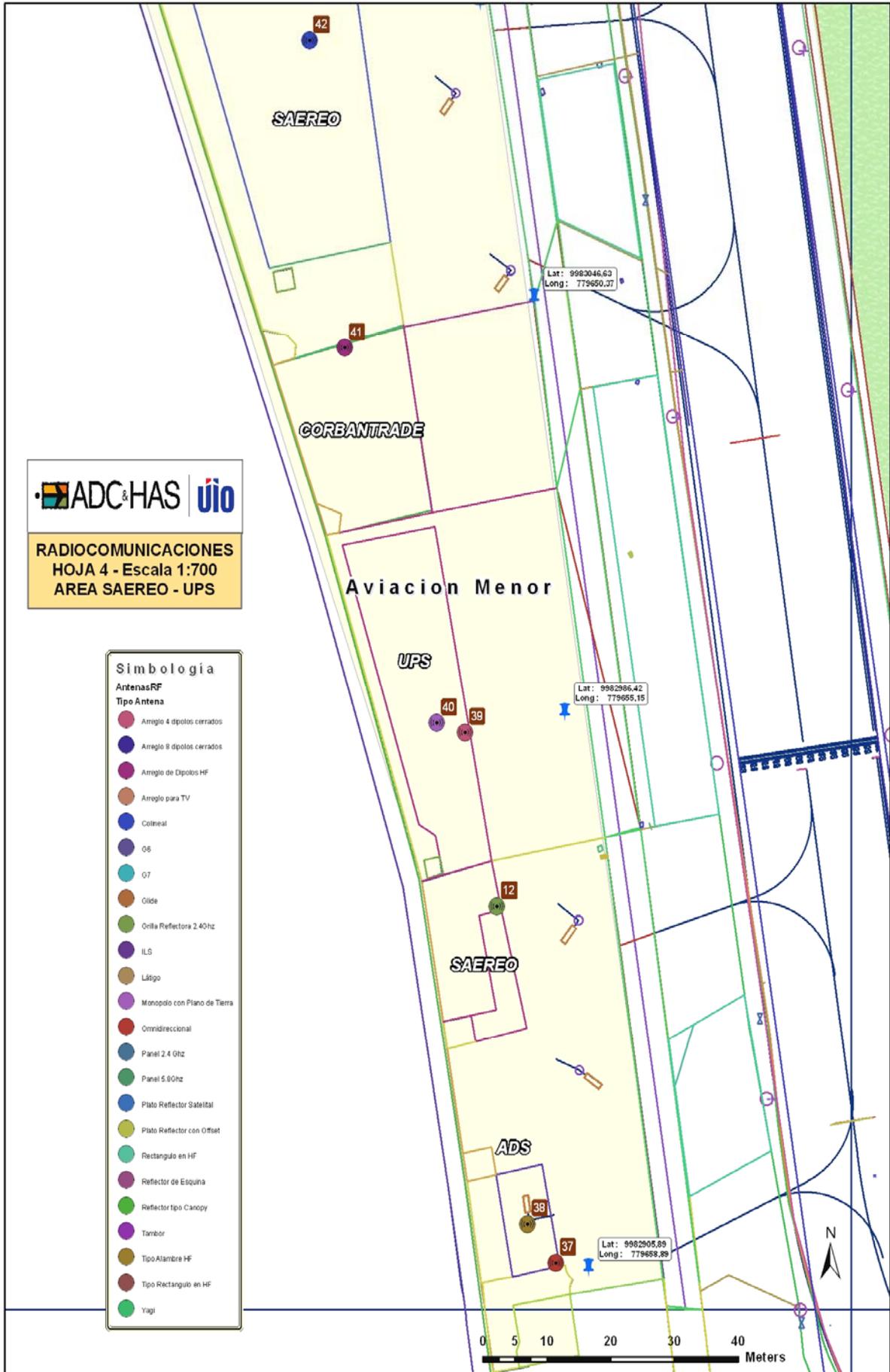
ANEXO 6

Mapas Resultantes de las Antenas de Radiocomunicaciones











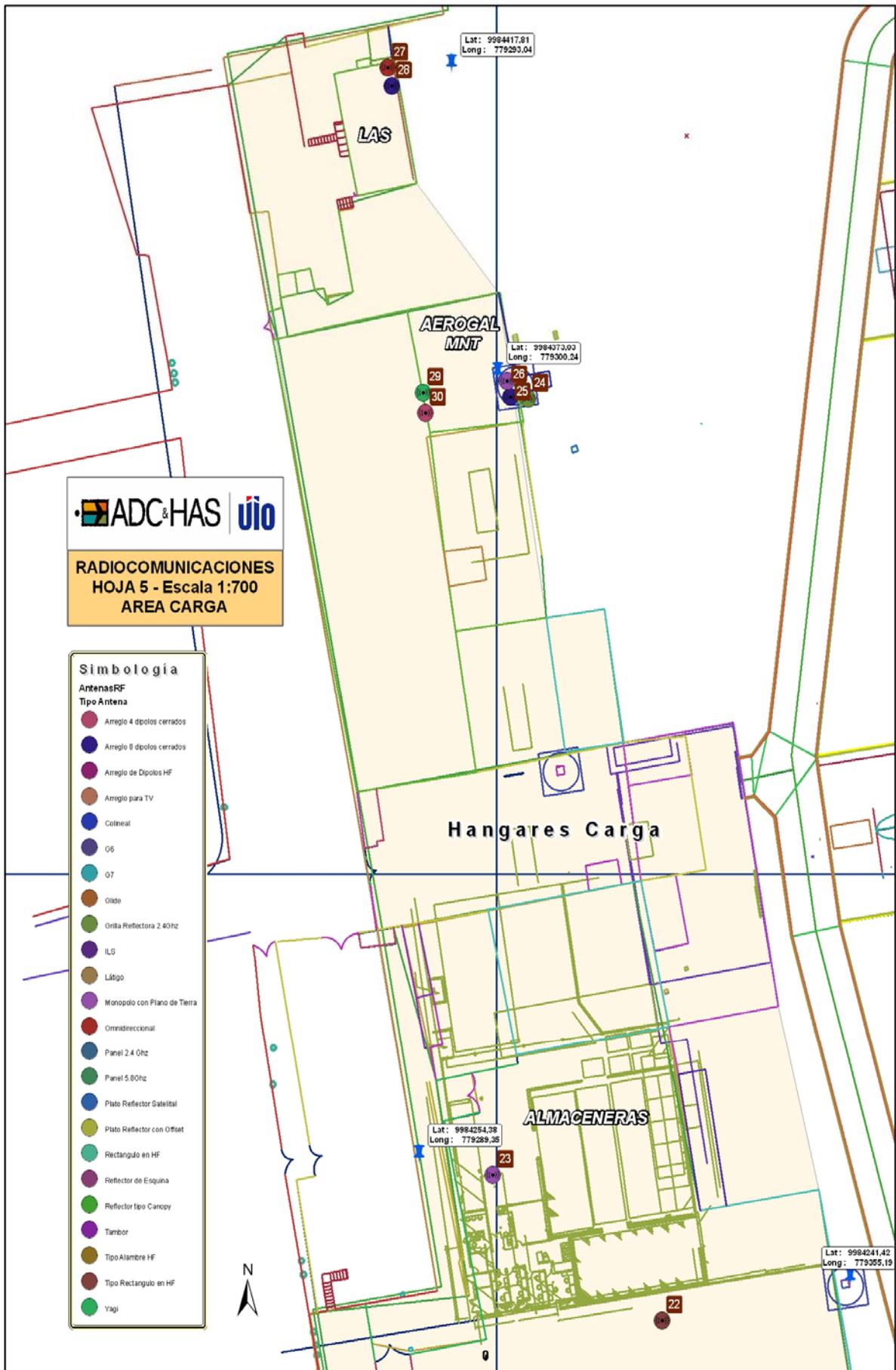

RADIOCOMUNICACIONES
 HOJA 4 - Escala 1:700
 AREA SAEREO - UPS

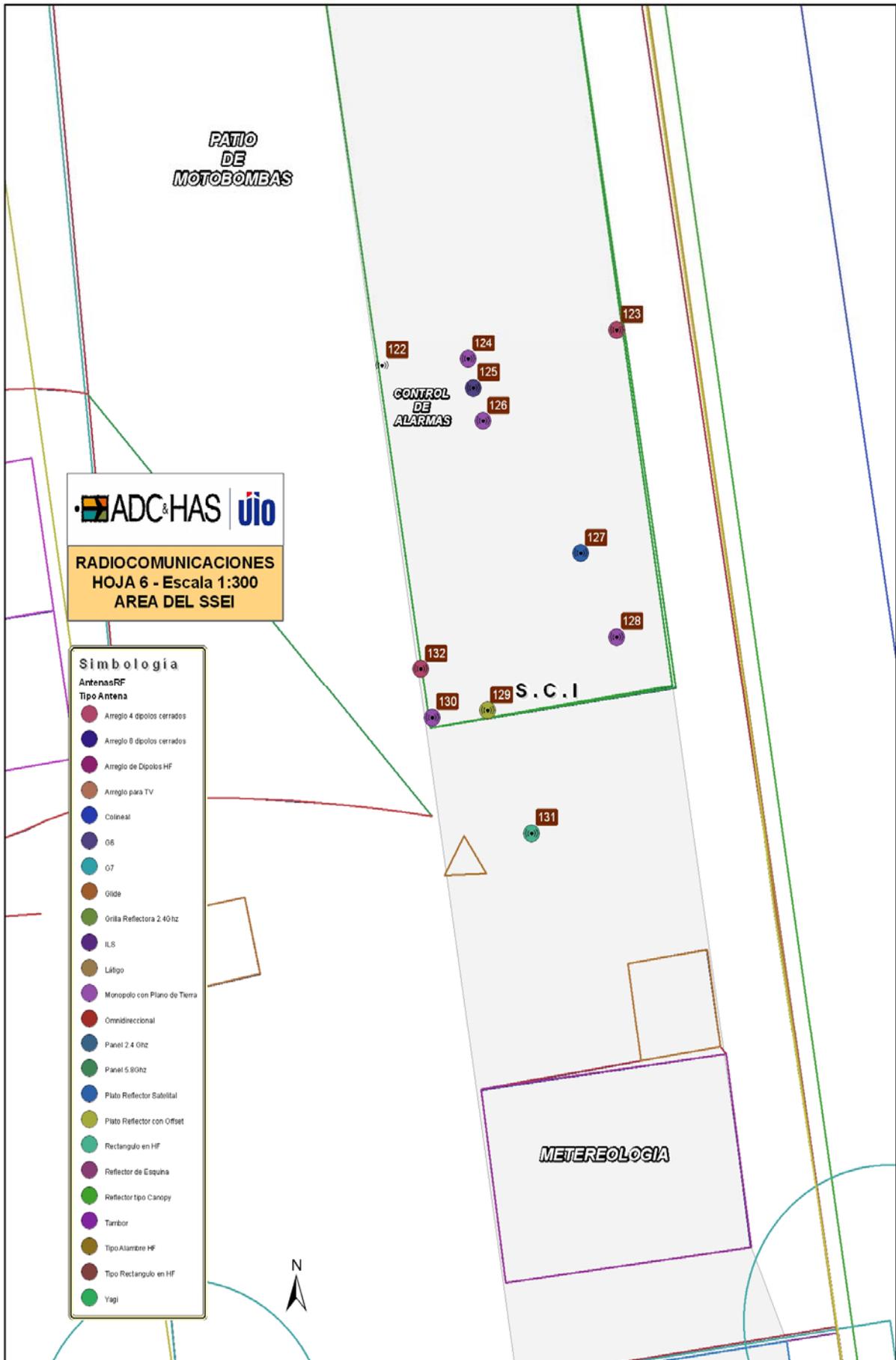
Simbologia

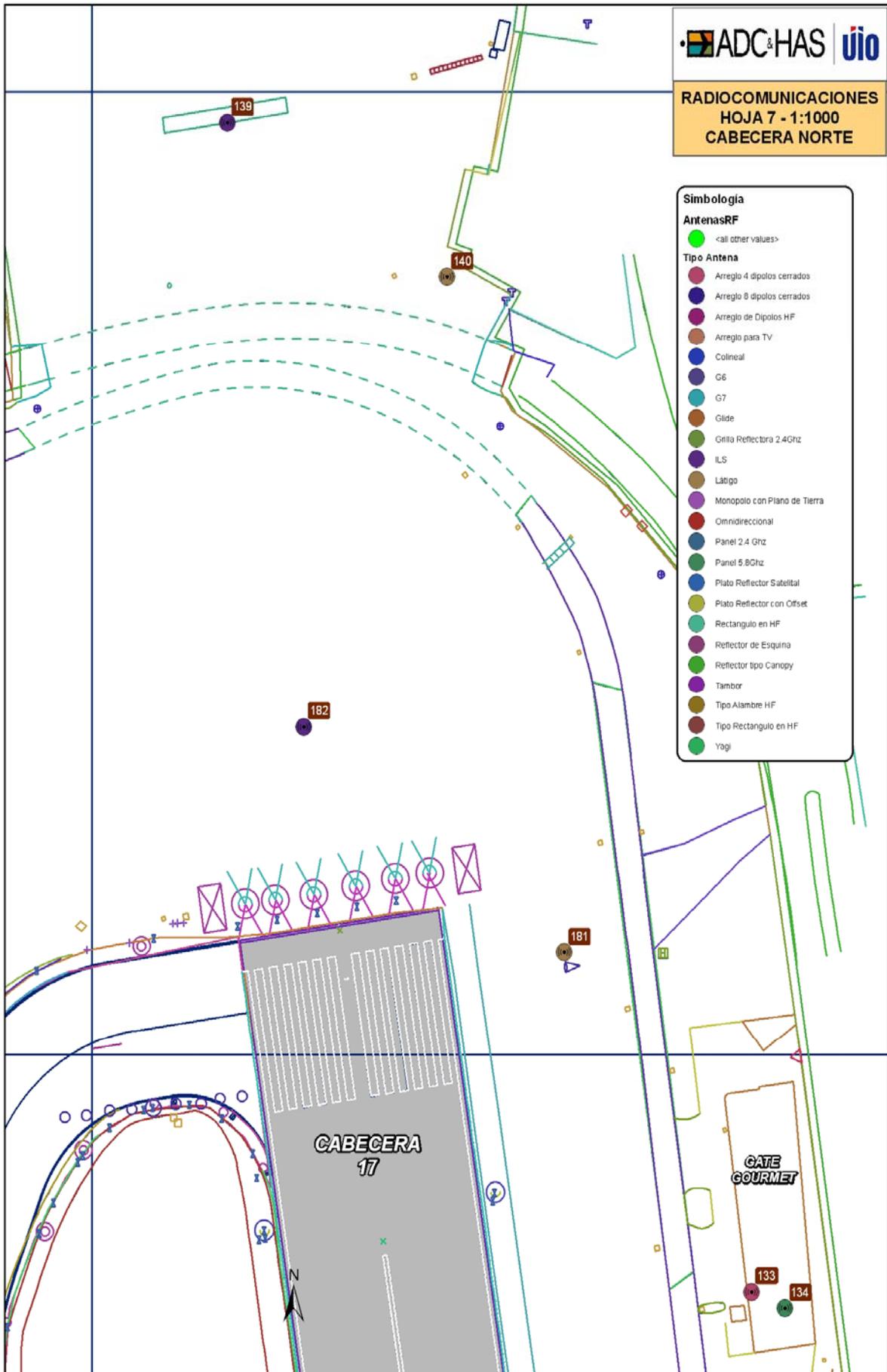
AntenasRF

Tipo Antena

-  Arreglo 4 dipolos cerrados
-  Arreglo 8 dipolos cerrados
-  Arreglo de Dipolos HF
-  Arreglo para TV
-  Colineal
-  O6
-  O7
-  Ollide
-  Olla Reflectora 2.4Ghz
-  ILS
-  Látigo
-  Monopolo con Plano de Tierra
-  Omnidireccional
-  Panel 2.4 GHz
-  Panel 5.8GHz
-  Plato Reflector Satelital
-  Plato Reflector con Offset
-  Rectangulo en HF
-  Reflector de Esquina
-  Reflector tipo Canopy
-  Tambor
-  Tipo Alambre HF
-  Tipo Rectangulo en HF
-  Yagi







ANEXO 7

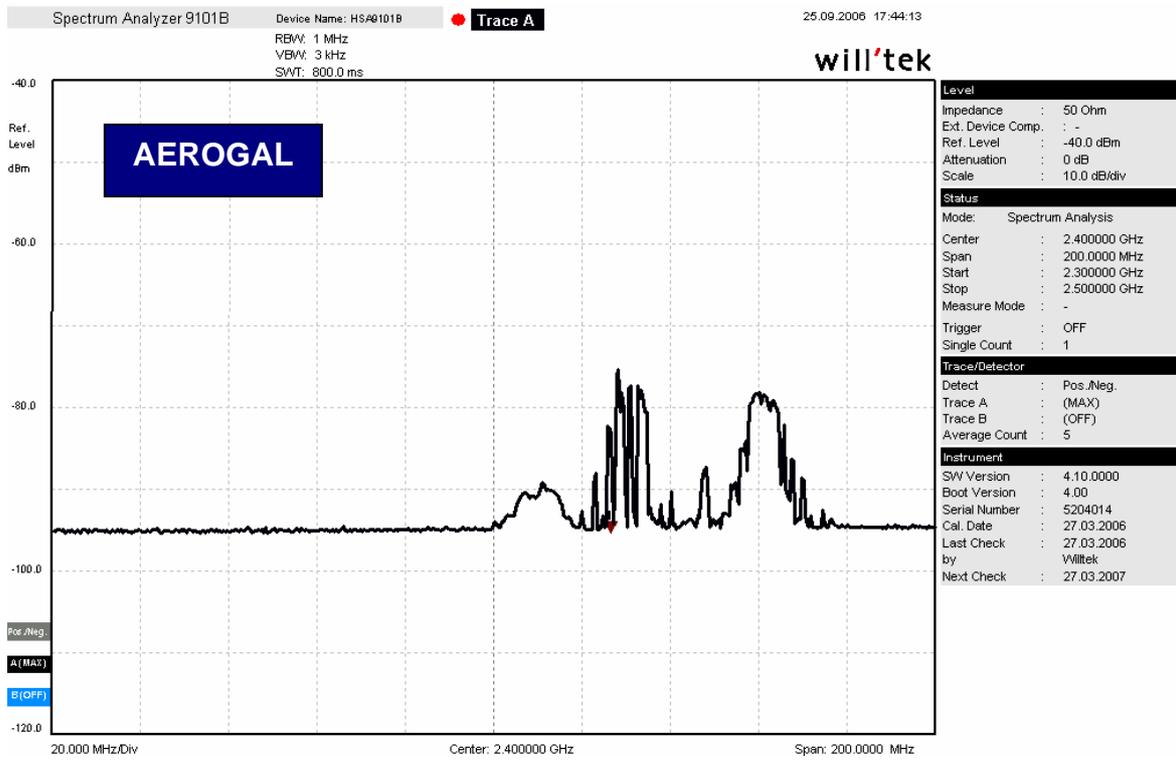
RESULTADOS DE LAS MEDICIONES DE CAMPO

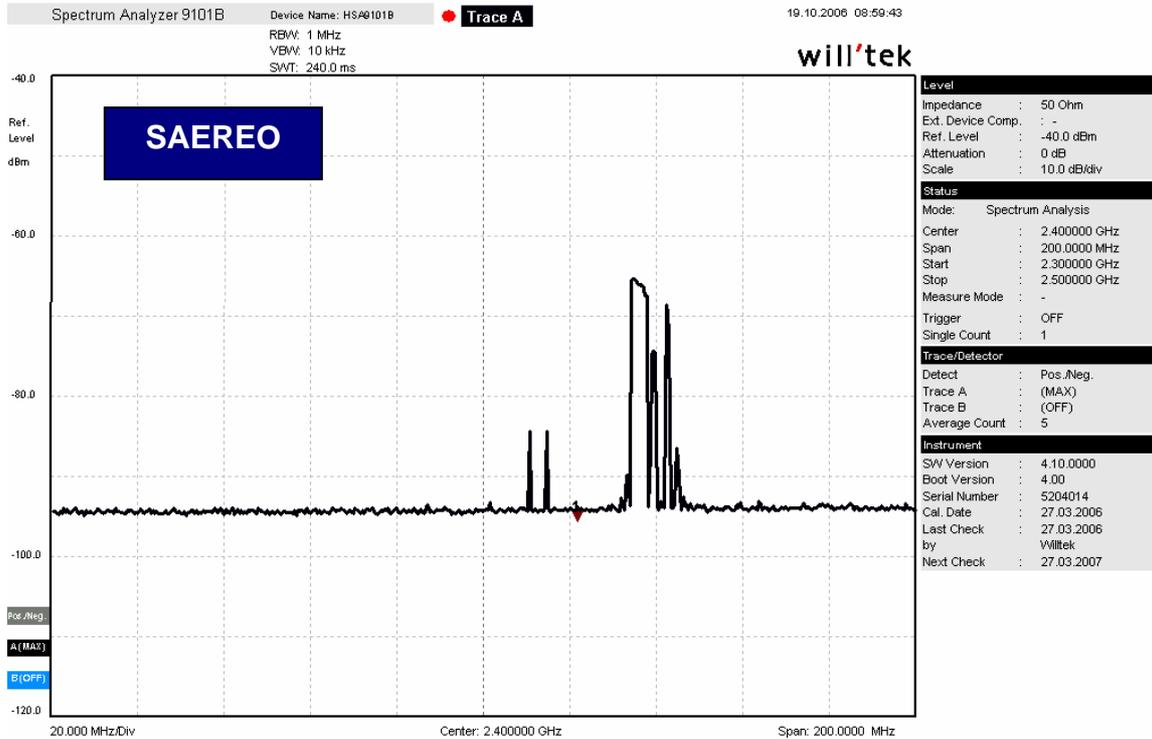
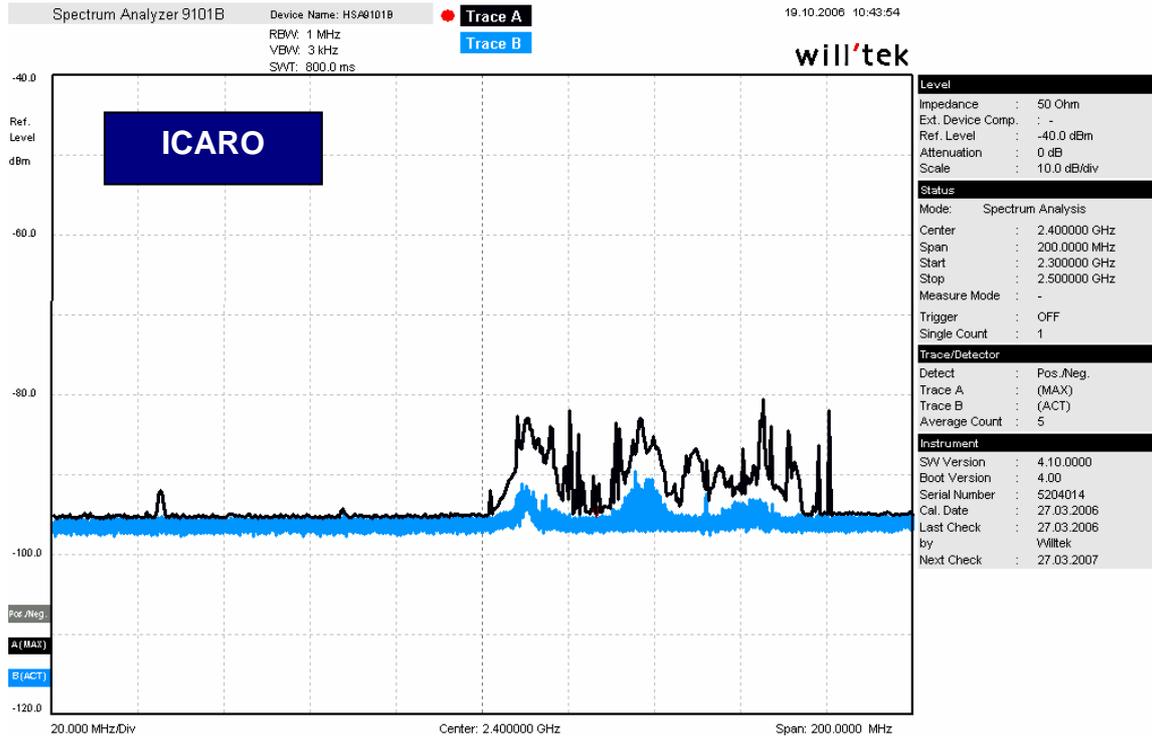
Sección A7.1: Gráficas de la medición de Espectro ensanchado en 2.4 GHz

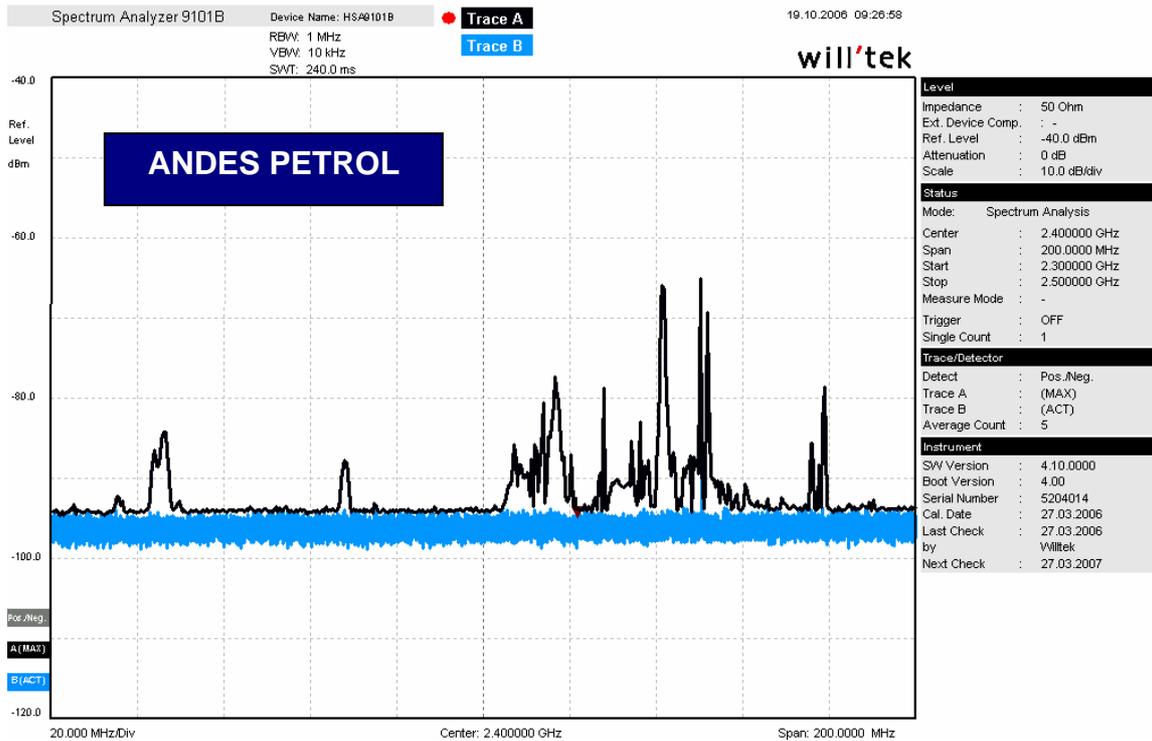
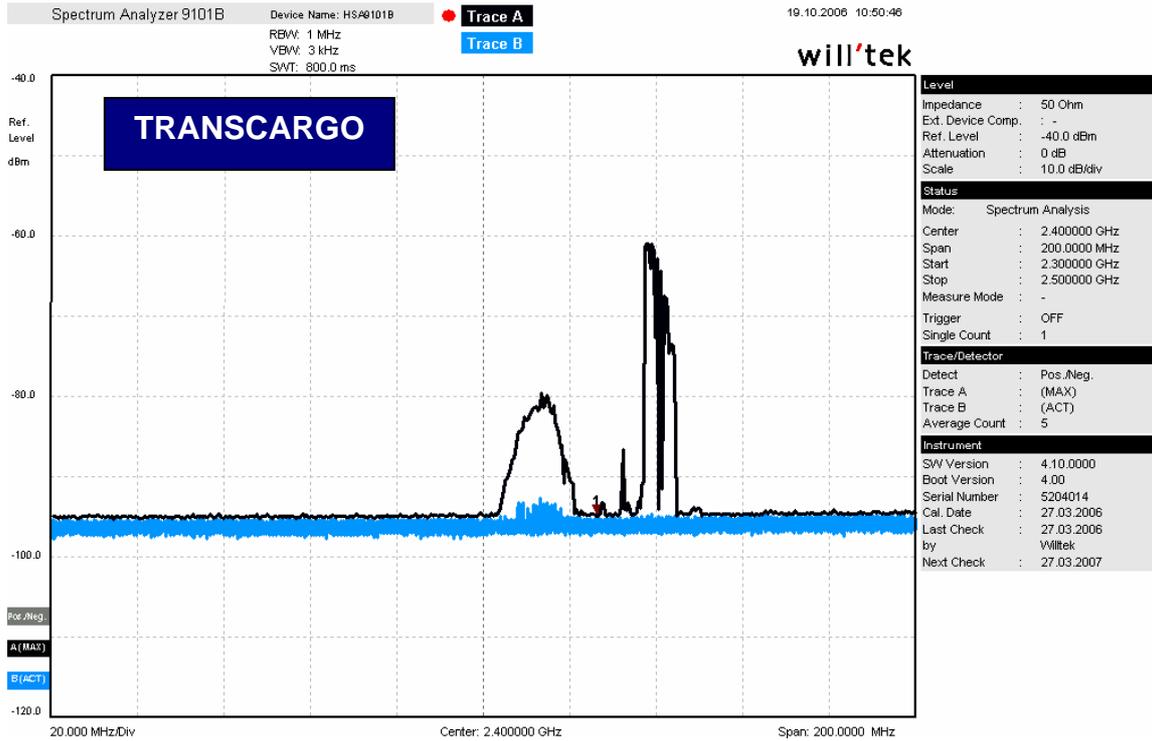
Sección A7.2: Tabla Resumen de los enlaces de Espectro ensanchado AIMS

Sección A7.3: Gráficas de medición RNI en el AIMS

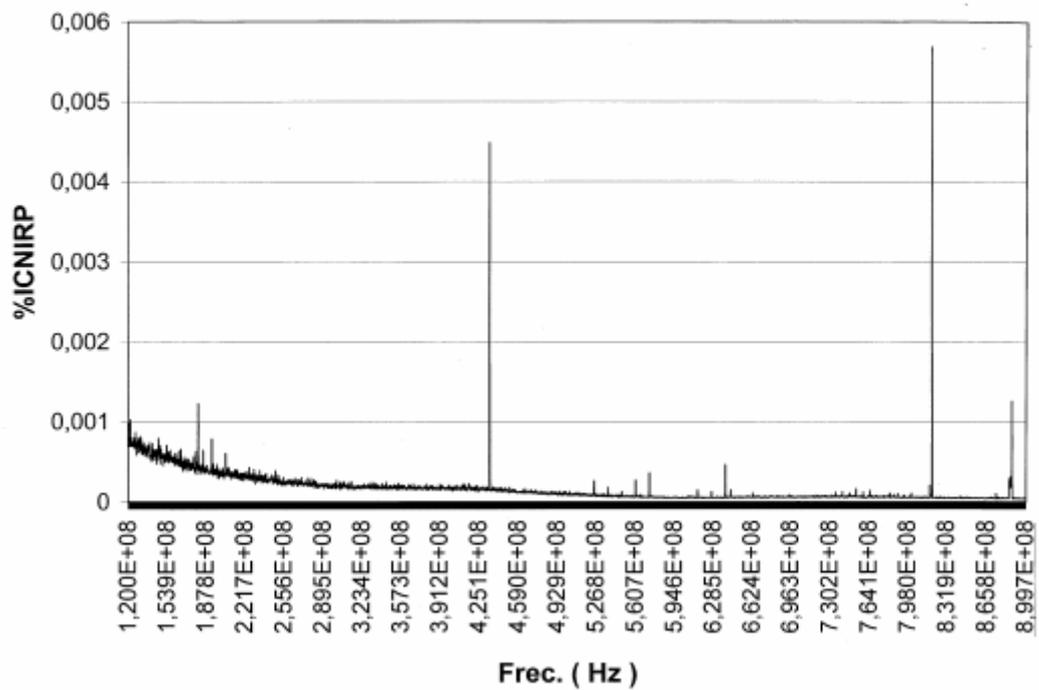
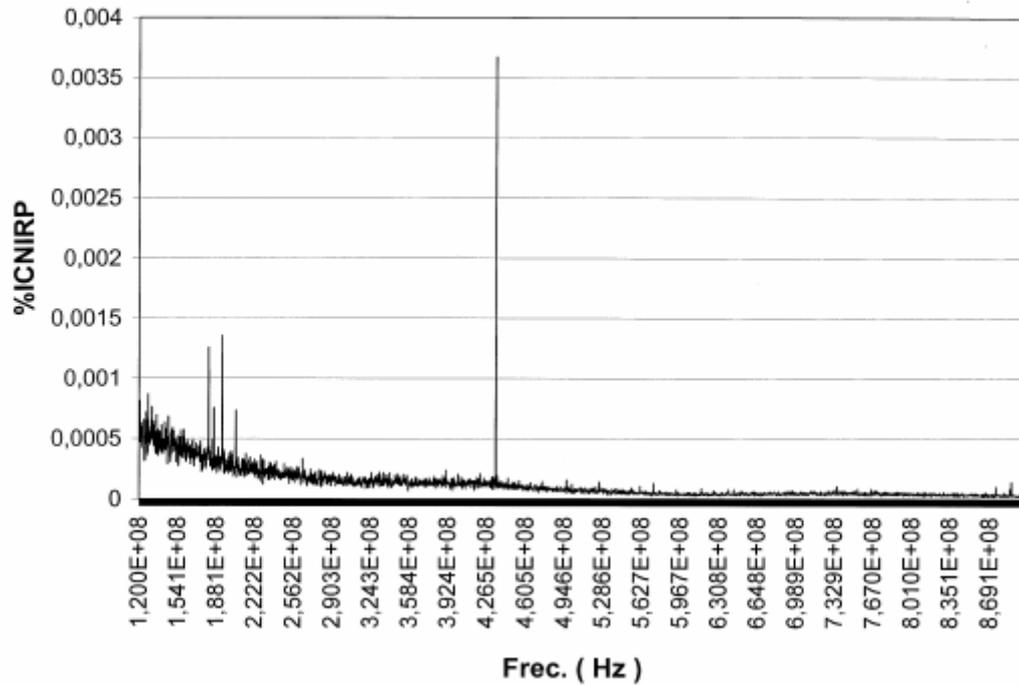
SECCIÓN A7.1: GRÁFICAS DE LA MEDICIÓN DE ESPECTRO ENSANCHADO EN 2.4 GHZ

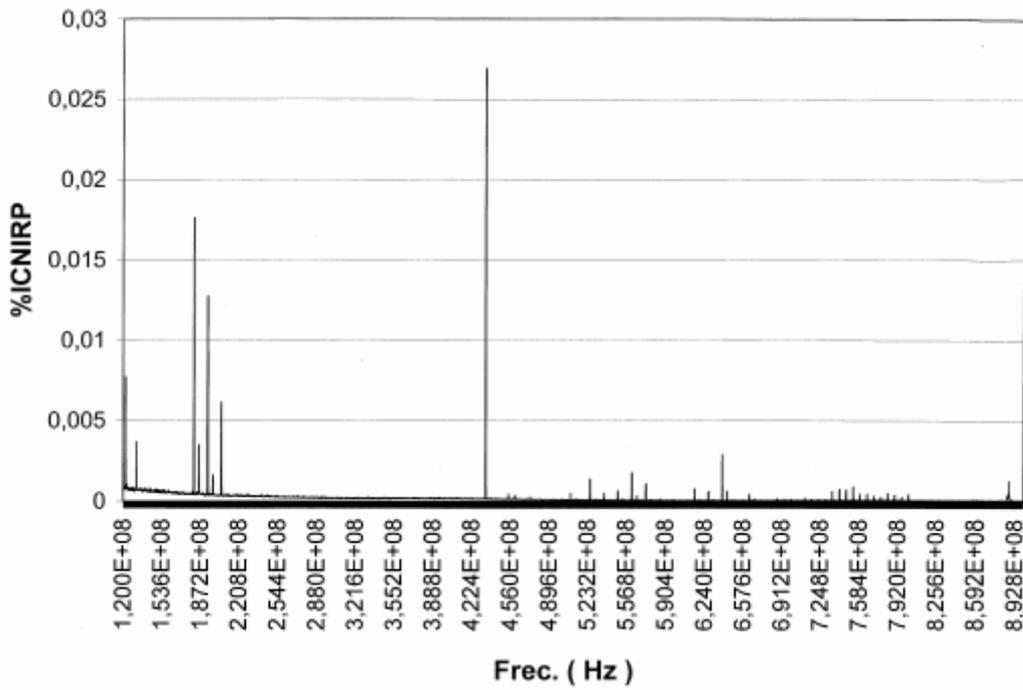
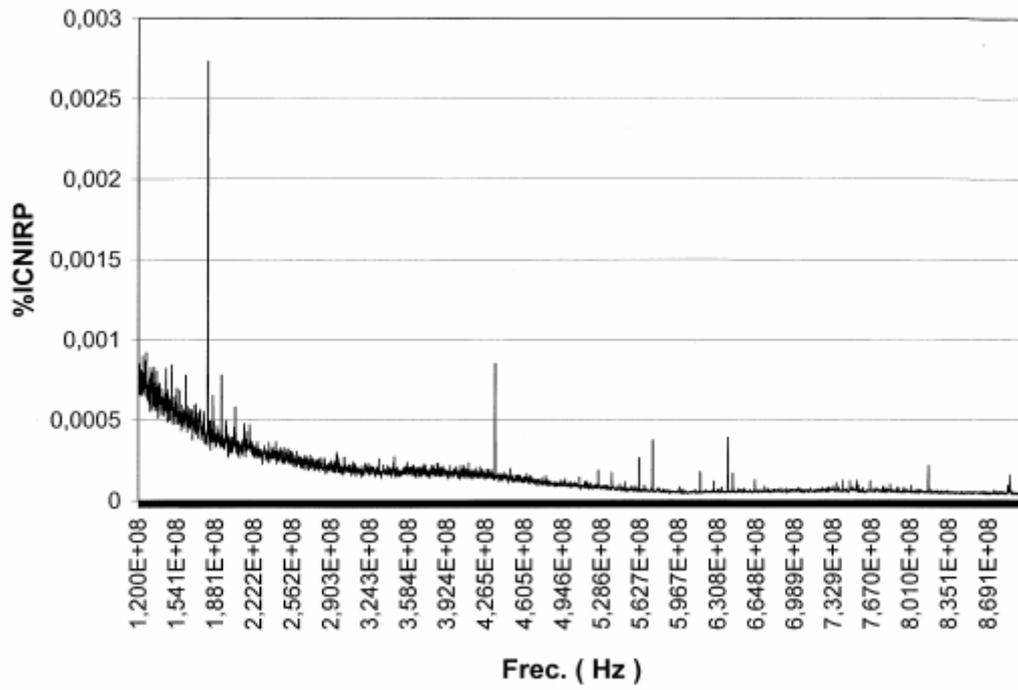






SECCIÓN A7.3: GRÁFICAS DE MEDICIÓN RNI EN EL AIMS





ANEXO 8

Políticas Generales de Radiocomunicaciones

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. ALLWEATHERINC, *AWOS Site Preparation Manual*,
www.allweatherinc.com/reference/awos/awos_siteprep_manual.pdf,
Diciembre 2006

- [2]. Amphenol RF Products, <http://www.amphenolrf.com>

- [3]. ANSI/EIA/TIA 222-F, *Normas Estructurales para Torres de Acero y Estructuras de Soporte de Antenas*

- [4]. *CD100 Frequency Counter/Tone Decoder*,
<http://www.optoelectronics.com/cd100.htm>

- [5]. CONATEL, *Norma para la implementación y operación de sistemas de modulación digital de banda ancha*, Resolución No. 417-15 – 2005,
www.conatel.gov.ec

- [6]. CONATEL, *Reglamento de Radiocomunicaciones*, Resolución No. 556-21-CONATEL- 2000, www.conatel.gov.ec

- [7]. CONATEL, *Plan Nacional de Frecuencias*, www.conatel.gov.ec, 2006

- [8]. ESRI, *What is ArcGIS 9.1?*, www.esri.com, 2005

- [9]. FAA, *Aeronautical Lighting and Other Airport Visual Aids*,
http://www.faa.gov/airports_airtraffic/air_traffic/publications/ATpubs/AIM/Chap2/aim0201.html

- [10]. HUBHER & SUHNER, RF Connector Guide, 3era Edición, Suiza 2003
- [11]. IEEE, *Norma C95.1-1991, Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 KHz to 300 GHz*. IEEE Std C95.1, Edición 1999
- [12]. *La Ionosfera una alternativa real para las telecomunicaciones*,
<http://www.personal.us.es/jluque/Libros%20y%20apuntes/1994%20Ionosfera.pdf>
- [13]. *Logic Trunked Radio (LTR)*,
http://support.radioshack.com/support_tutorials/communications/trunk-2.htm
- [14]. MICELI, Andrew, *Wireless Technician's Handbook*, Artech House, 2003
- [15]. Narda Safety Test Solutions, <http://www.narda-sts.us/fundamentals.html>
- [16]. NOAA, *WAFS Broadcast via Satellite*, www.weather.gov
- [17]. *Norma de radiaciones no ionizantes de campos electromagnéticos*,
http://www.ambiente.gov.ec/paginas_espanol/3normativa/docs/RNI.pdf
- [18]. OACI, Comunicaciones Aeronáuticas (Anexo 10), Volumen I,
Radioayudas a la Navegación, Quinta Edición, Julio 1996
- [19]. OACI, Comunicaciones Aeronáuticas (Anexo 10), Volumen II,
Procedimientos de Comunicación, Sexta Edición, Octubre 2001
- [20]. OACI, Comunicaciones Aeronáuticas (Anexo 10), Volumen V, Radio Frecuencias Aeronáuticas - Utilización del Espectro, Segunda Edición, Julio 2001

-
- [21]. OACI, Anexo 14 , *Diseño y Operación de Aeródromos*, Volumen I, Cuarta Edición, Julio 2004
- [22]. POZAR, David M., *Microwave and RF Design of Wireless Systems*, John Wiley & Sons, 2001
- [23]. PRASAD, Neeli, *WLANs and IP Networking*, Artech House, 2005
- [24]. ROBLES, José, *Radioenlace Analógico*, ESPE
- [25]. SCHMIDT, Peter, *Testing Mobile Radio Antenna Systems*, <http://www.rohde-schwarz.com/appnote/1EF52.html>, Julio 2004
- [26]. SPRINKLE, Mathew, *Design Considerations in a Modern Land Mobile Radio System*, <http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-07012003-112107/unrestricted/Thesis-MatthewSprinkle.pdf>
- [27]. TELEVES, Torres, www.televes.es/ingles/producto/catalogos/torres.pdf, Octubre 1998
- [28]. UIT-R, *Terminología del acceso inalámbrico*, Recomendación F.1399-1, Agosto 2001
- [29]. UIT-R, *Requisitos genéricos para los sistemas de acceso inalámbrico fijo*, Recomendación F.1490, Mayo 2000
- [30]. UIT-R, Reglamento de Radiocomunicaciones, www.itu.int, 2005

-
- [31]. UIT-T, *Directrices sobre la medición y la predicción numérica de los campos electromagnéticos para comprobar que las instalaciones de telecomunicaciones cumplen los límites de exposición de las personas*, Recomendación K.61, Septiembre 2003
- [32]. Universidad Politécnica de Valencia, *Temario de Antenas*, <http://www.upv.es/antenas/Principal/temario.html>
- [33]. W.J. Ingram, J.M. Vanderau, and R.D. Jennings, *Antenna Types* <http://www.ncjrs.gov/pdffiles1/nij/185030b.pdf>, Abril 2001