

**UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERIA**



**ESTUDIO DE SISTEMA RADAR EN LA NAVEGACIÓN AÉREA DE EL
SALVADOR ANALIZANDO EL RADAR SECUNDARIO DE VIGILANCIA
(SSR) PARA EL CONTROL DEL TRÁNSITO AÉREO**



**TRABAJO DE GRADUACIÓN
PREPARADO PARA LA FACULTAD
DE INGENIERÍA**

PARA OPTAR AL GRADO DE:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA

POR

NILSSON ORLANDO HERRERA OLMEDO

FEBRERO -1998

SOYAPANGO - EL SALVADOR - CENTROAMERICA

UNIVERSIDAD DON BOSCO

RECTOR

ING. FEDERICO MIGUEL HUGUET RIVERA

SECRETARIO GENERAL

PBRO. PEDRO JOSÉ GARCÍA CASTRO S.D.B.

DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA

ING. CARLOS ALBERTO GUTIÉRREZ PEÑA

ASESOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

ING. EDGAR ERNESTO HERNÁNDEZ PARADA

JURADO EXAMINADOR

ING. NELSON ANTONIO QUINTANILLA JUÁREZ

ING. JULIO CESAR CABRERA CAMPOS

UNIVERSIDAD DON BOSCO

FACULTAD DE INGENIERIA

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRONICA


JURADO EVALUADOR DEL TRABAJO DE GRADUACION

**“ESTUDIO DE SISTEMA RADAR EN LA NAVEGACIÓN AÉREA DE EL
SALVADOR ANALIZANDO EL RADAR SECUNDARIO DE VIGILANCIA
(SSR) PARA EL CONTROL DEL TRÁNSITO AÉREO”**



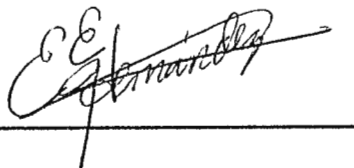
ING. NELSON QUINTANILLA

JURADO



ING. JULIO CESAR CABRERA

JURADO



ING. EDGAR ERNESTO HERNANDEZ

ASESOR

INDICE

Tema	Página
Introducción General.....	I
Objetivos.....	III
Alcances y limitaciones.....	IV
Metodología de investigación.....	VII
Indice de ilustraciones.....	X
Reconocimientos.....	XII
Agradecimientos.....	XIII
Simbología y Siglas.....	XIV
Glosario.....	XVIII

CAPITULO 1- GENERALIDADES DE NAVEGACIÓN AÉREA

1.1- Introducción.....	1
1.2- Componentes del control de tráfico aéreo.....	3
1.2.1- Espacio aéreo no controlado.....	3
1.2.2- Espacio aéreo controlado.....	3
1.2.2.1- Planes de vuelo.....	5
1.2.3- Control de aeropuertos.....	6
1.3- Clasificación de la Navegación Aérea.....	6
1.3.1- Concepto de Navegación Aérea.....	6
1.3.2- Navegación por estima.....	7
1.3.3- Navegación por ayudas a la navegación.....	7
1.3.4- Navegación por Radar.....	8
1.4- Clasificación de los sistemas de navegación.....	8
1.4.1- Según la utilidad en el control aéreo.....	8
1.4.2- Por su funcionamiento.....	9
1.5- Radioayudas a la Navegación aérea.....	10
1.5.1- Radiofaro No direccional (NDB).....	10
1.5.2- Radiofaro Omnidireccional de muy alta frecuencia (VOR).....	18
1.5.3- Sistema de aterrizaje por instrumentos (ILS).....	29
1.5.4- Equipo Medidor de Distancia (DME).....	39
1.6- Disposiciones actuales del Aeropuerto Internacional de ILOPANGO.....	46
1.6.1- Descripción General.....	46
1.6.2- Descripción de pista de aterrizaje.....	47
1.6.3- Servicios que presta.....	48
1.6.4- Comunicaciones.....	49
1.6.5- Radioayudas.....	52
1.6.6- Alfabeto fonético Internacional OACI/Código Morse.....	52

1.7- Generalidades del radar.....	53
1.7.1- Historia.....	53
1.7.2- Principio de operación.....	54
1.7.3- Clasificación de los sistemas radar.....	55
1.7.4- Frecuencias del radar.....	56
1.7.5- Antecedentes del radar secundario de vigilancia (SSR).....	57
1.7.6- Esquema de radar secundario.....	59

CAPITULO 2- PRINCIPIO DE OPERACIÓN DEL RADAR SECUNDARIO DE VIGILANCIA (SSR)

2.1- Introducción.....	65
2.2- Descripción del sistema.....	67
2.2.1- Modos SSR.....	68
2.2.2- Características de actuación.....	70
2.2.2.1- Información a partir de los Modos A/C.....	71
2.2.2.2- Información a partir del Modo C.....	71
2.2.2.3- Utilización de la información SSR.....	71
2.2.2.4- Volumen de cobertura.....	72
2.2.2.5- Entorno.....	73
2.2.2.6- Capacidad de la estación.....	73
2.2.3- Consideraciones relativas a potencia del sistema.....	73
2.3- Equipo del SSR.....	76
2.3.1- Sistema Interrogador-Receptor.....	76
2.3.1.1- Diagramas de bloques del interrogador-receptor.....	76
2.3.1.2- Sincronizador.....	76
2.3.1.3- Codificador.....	79
2.3.1.4- Respuestas a lóbulos laterales.....	81
2.3.1.5- Transmisor.....	84
2.3.1.6- Duplexor y conmutador SLS.....	84
2.3.1.7- Antenas.....	85
2.3.1.8- Receptor.....	93
2.3.1.9- Eliminador de señales síncronas.....	94
2.3.1.10- Extractor.....	95
2.3.2- Respondedor.....	99
2.3.2.1- Receptor.....	100
2.3.2.2- Decodificador.....	103
2.3.2.3- Codificador.....	104
2.3.2.4- Transmisor.....	105
2.4- Cobertura del radar secundario.....	105
2.4.1- Ecuación del alcance de la interrogación.....	105
2.4.2- Ecuación del alcance de la respuesta.....	107
2.4.3- Enlace tierra/aire.....	108
2.4.4- Enlace aire/tierra.....	109

2.5- Detección de blancos.....	110
2.5.1- Sistema ideal.....	110
2.5.2- Detección de blancos.....	110
2.5.3- Sistema real de radar secundario.....	111
2.6- SSR por monoimpulso.....	114
2.6.1- Medición actual del Acimut.....	114
2.6.2- Elementos del sistema.....	114
2.6.2.1- Antena.....	114
2.6.2.2- Receptor.....	115
2.6.2.3- Procesador.....	116
2.6.2.4- Extractor.....	116
2.6.3- Ventajas posibles.....	116
2.6.4- SSR Modo S.....	117
2.7- Consolas.....	120
2.7.1- Presentaciones clásicas.....	120
2.7.2- Tubos de rayos catódicos.....	122
2.7.3- Datos presentados en la consola.....	123
2.7.4- Marcas de distancia.....	125
2.7.5- Mezclador de vídeo.....	125
2.7.6- Mapa de vídeo.....	127
2.7.7- Presentación integrada.....	128

CAPITULO 3- EMPLEO DEL RADAR EN EL SERVICIO DE CONTROL DE TRÁNSITO AÉREO

3.1- Introducción.....	130
3.2- Procedimientos de aproximación por instrumentos. Criterios generales.....	131
3.2.1- Tramos de aproximación.....	132
3.2.2- Servicio de control de aproximación.....	132
3.2.2.1- Procedimientos generales para las aeronaves que salen.....	132
3.2.2.2- Ejemplo de aeronaves que salen.....	134
3.2.2.3- Procedimientos generales para las aeronaves que llegan.....	135
3.2.2.4- Ejemplo de aeronaves que llegan.....	139
3.2.3- Separación entre las aeronaves que salen y las que llegan.....	141
3.2.4- Orden de aproximación.....	144
3.3- El Radar en el servicio de control de tránsito aéreo.....	145
3.3.1- Areas de aplicación del servicio.....	146
3.3.2- Aplicabilidad.....	146
3.3.3- Funcionamiento del equipo.....	146
3.3.4- Limitaciones del servicio.....	147
3.3.5- Falla del equipo.....	148
3.3.6- Carga de trabajo del controlador.....	148
3.4- Parámetros Esenciales en la Operación Radar.....	149

3.4.1- Determinación de velocidad.....	149
3.4.2- Calculo del ETO.....	150
3.4.3- Determinación de la posición de la aeronave.....	150
3.4.4- Espacio aéreo ocupado.....	151
3.5- Identificación del radar.....	152
3.5.1- Establecimiento de identificación.....	152
3.5.2- Mantenimiento de la identificación.....	152
3.5.3- Re-identificación.....	153
3.5.4- Métodos de identificación.....	153
3.5.5- Métodos de identificación radar secundario.....	154
3.5.6- Distribución de código SSR.....	154
3.6- Servicios Radar.....	155
3.6.1- Servicio de vigilancia.....	155
3.6.2- Servicio de vectoración.....	156
3.6.3- Separación radar.....	158
3.6.4- Separación de trazas.....	159
3.6.5- Mínimos de separación.....	159
3.6.5.1- Aplicación de los mínimos de separación por estela turbulenta.....	159
3.6.6- Espacio aéreo adyacente.....	160
3.6.7- Ajustes de velocidad.....	160
3.6.8- Información de tránsito.....	162
3.6.9- Transferencia radar.....	162

CAPITULO 4- Propuesta de Instalación de equipos de Radar secundario de vigilancia (SSR) en el Aeropuerto Internacional de ILOPANGO

4.1- Introducción.....	164
4.2- Instalación de estación de tierra.....	166
4.2.1- Emplazamiento.....	166
4.2.1.1- Número de estaciones de tierra.....	166
4.2.1.2- Efectos de los obstáculos.....	166
4.2.2- Antena del Interrogador	166
4.2.2.1- Configuración de radiación horizontal (HRP).....	166
4.2.2.2- Configuración de radiación vertical (VRP).....	167
4.2.2.3- Influencia de la altura sobre el suelo en el diagrama de radiación vertical.....	168
4.2.2.4- Sistema de alimentación.....	169
4.2.3- Vigilancia de la Estación de Tierra SSR.....	169
4.2.3.1- Vigilancia del interrogador.....	169
4.2.3.2- Otros parámetros del sistema.....	170
4.2.3.3- Vigilancia del receptor.....	171
4.2.3.4- Vigilancia del funcionamiento del sistema.....	171
4.3- Equipo Interrogador/Receptor Secundario Monopulso.....	174

4.3.1- Informaciones generales.....	174
4.3.1.1- Técnicas del Monopulso.....	175
4.3.1.2- Características antirreflección.....	177
4.3.2- Descripción del Equipo.....	181
4.3.2.1- Descripción General.....	181
4.3.2.2- Funciones Remotas.....	182
4.3.2.3- Expansión.....	182
4.3.3- Identificación de la Versión.....	185
4.3.4- Características Técnicas.....	185
4.3.4.1- Características de la Fuente de Energía.....	186
4.3.4.2- Características Ambientales.....	186
4.3.4.3- Características Mecánicas.....	186
4.3.5- Operación.....	186
4.3.5.1- Información Básica.....	186
4.4- Equipo Consola radar.....	188
4.4.1- Composición del Sistema.....	188
4.4.2- Funciones del Equipo.....	190
4.4.3- Especificaciones del Equipo.....	191
4.5- Instalación.....	192
4.5.1- Sitio de la Instalación.....	192
4.5.2- Definición de las Premisas de Instalación para la consola radar.....	193
4.5.3- Acondicionamiento de los equipos radar en el aeropuerto internacional de ILOPANGO.....	194
4.6- Modernización de los sistemas de navegación en el Aeropuerto Internacional de ILOPANGO.....	202
4.6.1- Consideraciones económicas.....	205
RECOMENDACIONES.....	217
CONCLUSIONES.....	219
BIBLIOGRAFÍA.....	222
REFERENCIAS.....	224
ANEXOS.....	226
Anexo 1- Historia del aeropuerto Internacional de ILOPANGO.....	226
Anexo 2 - Normas OACI del radar SSR.....	230

Anexo 3 - Breve Historia de los sistemas de radar secundario convencional.....	244
Anexo 4 - Ecuación del radar.....	251
Anexo 5 - Antenas radar.....	253
Anexo 6- Equipo Radar.....	259
Anexo 7 - Tarifas de los aeropuertos Internacionales de ILOPANGO y EL SALVADOR	274
Anexo 8 - El centro de control radar para el tránsito aéreo en América Central.....	279

INTRODUCCION GENERAL

El presente trabajo sobre el estudio del sistema radar en la navegación aérea de EL SALVADOR analizando el Radar Secundario de Vigilancia (SSR) para el control del tránsito aéreo, consistirá en presentar un estudio de utilización de los datos del radar para el control de tránsito aéreo, analizando su funcionamiento como sistema, antecedentes y situación actual, proponiendo así, de acuerdo a una presentación preliminar de los sistemas de radioayudas (equipos de navegación aérea) para el control del tránsito aéreo convencionales en el país (NO RADAR), el reforzamiento y mejoras que se obtendrán a nuestra situación actual en la navegación aérea, por medio de una propuesta de los requerimientos técnicos y operativos que involucra el empleo y disposición del radar en el servicio de control de tránsito aéreo.

Se presentará un esquema general de una disposición de equipos en una sala de equipos de una torre de control y en la sala de control de tránsito aéreo (ATC) para un Aeropuerto en general, adecuado con la inclusión de los equipos radar necesarios. Para esto, se presentarán las normas y métodos recomendados internacionales para las telecomunicaciones aeronáuticas especificadas en el Anexo 10 al convenio sobre la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) de la cual EL SALVADOR es suscribiente.

Para llevar a cabo estos puntos se presentará una breve descripción sobre la situación actual de la navegación aérea en el país, describiendo los principios **básicos** de operación y aplicaciones de los diferentes equipos (radioayudas) que son utilizados para el control del tránsito aéreo en los aeropuertos en general y específicamente los utilizados en el país. Es recomendable que el lector lea primero la simbología y el glosario para familiarizarse con los términos aquí expuestos.

Entre las radioayudas a ser estudiadas están el equipo Radio Omnidireccional de muy alta frecuencia (VOR), Equipo Medidor Distancia (DME), Radiofaro No Direccional (NDB), Sistema de Aterrizaje por Instrumentos (ILS).

Este trabajo esta compuesto de cuatro capítulos, el primero tratara sobre Generalidades de Navegación aérea y control de tránsito aéreo, el segundo sobre los Principios de operación del Radar Secundario de Vigilancia (SSR), el tercero sobre el empleo del radar en el servicio de control de tránsito aéreo en EL SALVADOR, y en el cuarto sobre El empleo del Radar Secundario de Vigilancia (SSR) en EL SALVADOR, caso específico Aeropuerto Internacional de ILOPANGO.

De acuerdo al estudio de las radioayudas en el país, se pretende hacer una comparación del sistema existente de control del tráfico aéreo y como se verá afectado o modificado con el empleo del radar.

Los resultados que se esperan con este estudio es mostrar que el empleo del radar en el control de tránsito aéreo en el país, se presenta como uno de los más importantes instrumentos utilizados por los controladores de tránsito aéreo para que los movimientos de el tráfico se realicen de manera segura, ordenada y rápida. Así como servirá también al reforzamiento y mejoras del control convencional de tráfico aéreo (NO RADAR) existente en el país.

Presentar las ventajas e implicaciones que involucra tener un radar en el territorio Salvadoreño y como principal punto dar a **conocer** a las diferentes clases de personas no solo interesadas en el campo de la navegación aérea, sino en general, los antecedentes y situación actual de los diferentes tipos de radioayudas que se tiene en el país. Ya que gran parte de las personas en general tienen poco conocimiento de lo que son las radioayudas y su implicación en la navegación aérea y por otro lado reforzaría los conocimientos para el personal involucrado en el campo de la navegación aérea.

OBJETIVOS

A- OBJETIVO GENERAL

Presentar un estudio de utilización de datos del radar secundario de vigilancia (SSR) para el control de tránsito aéreo en el espacio aéreo de EL SALVADOR analizando su funcionamiento como sistema y proponiendo disposiciones técnicas y operativas de equipos radar adecuados a nuestra situación particular.

B- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1) Describir el funcionamiento básico de operación del sistema Radar Secundario de Vigilancia SSR.

2) Presentar las requerimientos técnicos y operativos con el empleo del radar en el servicio de Control de Tránsito Aéreo.

3) Estudiar y presentar a nivel de propuesta una nueva disposición de equipos en la sala de equipos de la torre de control de ILOPANGO y en la sala ATC adecuada con la inclusión de los equipos necesarios del SSR.

4) Cumplir con las disposiciones internacionales de navegación aérea, principalmente en la seguridad, especificadas en la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) de la cual EL SALVADOR es suscribiente, con la propuesta del sistema radar SSR.

ALCANCES Y LIMITACIONES

El estudio que se pretende realizar abarcará la investigación y recopilación de información de los sistemas existentes de radioayudas para la navegación aérea en EL SALVADOR utilizados en las torres de control del Aeropuerto Internacional EL SALVADOR y el de ILOPANGO para el control del tránsito aéreo. Para luego tener bases y fundamentos de como llevar a cabo la realización de este trabajo.

El estudio abarcará las siguientes áreas: disposiciones generales, entrevistas con ingenieros, técnicos, controladores de tránsito aéreo, instalaciones de torres de control, salas de equipos, bibliografía de navegación aérea, así como los sistemas que la componen, como lo son los equipos de radioayudas y radares, manuales de organismos normativos de la aviación civil internacional "(como la OACI)", la cual establece normas y recomendaciones de navegación aérea, bibliografía del proyecto EUROMAYA el cual consiste en la implementación del control aéreo por RADAR, así como también bibliografía de las funciones operativas del centro de control de tránsito aéreo centroamericano (de la FIR) CENAMER, revistas y artículos a fines.

Se presentará un diagrama esquemático **general** en bloques de la arquitectura de una cabecera radar secundaria de vigilancia (SSR) con sus respectivos equipos, como lo son la antena, transmisores, receptores, pantalla radar, consolas, etc. Con esto se presentará una nueva disposición de equipos adecuada en la sala de equipos de la torre de control y en la sala de control de tránsito aéreo (ATC) del Aeropuerto Internacional de ILOPANGO con la introducción de los equipos radar necesarios (propuesta de instalación). Para esto, se presentarán las normas y métodos recomendados internacionales especificadas en el Anexo 10.

Además se pretende ser visionario en cuanto a presentar la necesidad que se tiene en tener un estudio del radar para el Aeropuerto Internacional de Ilopango para resolver la seguridad de las operaciones aéreas civiles y militares que siempre han sido una de las mayores preocupaciones por parte de las autoridades aeronáuticas del país, por otro lado estar preparados para resolver los problemas generados por la creciente densidad del tránsito aéreo en el país y por supuesto para la modernización y refuerzo de las radioayudas existentes, entrando así a una nueva era de desarrollo aéreo para el país.

Se pretende hacer un estudio de utilización del sistema radar para el control de tránsito aéreo, analizando su principio de funcionamiento, antecedentes y situación actual, mostrando así las mejoras que se pueden tener a nuestra situación actual en la navegación aérea.

Además hacer una comparación con el sistema de navegación aérea existente y como se verá afectado o modificado con el empleo del radar. Así como servirá también al reforzamiento y mejoras del control convencional de tráfico aéreo (NO RADAR) existente en el país.

Presentar las ventajas e implicaciones que involucra tener un radar en el territorio Salvadoreño, así como también, las consideraciones económicas a tener en cuenta.

- Limitaciones

Las principales limitaciones que se encontraron fueron: la bibliografía disponible no es muy específica en cuanto a dar información para los propósitos de este trabajo, por lo tanto se tuvo que hacer una mayor investigación de campo, para resolver los objetivos aquí planteados.

Se tuvo que recurrir a utilizar las técnicas de investigación que existen, de las cuales se utilizarán las mas adecuadas y recomendadas, para obtener la mayor cantidad de información.

Por otra parte y de vital importancia es que las entidades gubernamentales e internacionales que se visitaron restringen el acceso a tener información específica del estudio que se está haciendo, esto lo hacen debido a que este tema está en una etapa de adquisición del equipo radar y son bien celosas para dar información, además para evitar fugas de información y guardar ciertos puntos claves de vital importancia para la empresa.

Posible limitante de espacio físico que se pueda encontrar con la inclusión de los equipos radar en la sala de equipos de la torre de control y en la sala ATC. Interferencias que se puedan tener en el espacio radioeléctrico, que puede afectar las frecuencias y potencias de transmisión y recepción de los equipos ya existentes en el aeropuerto, si este proyecto se llevara a cabo.

La zona geográfica para posición de la antena radar puede ser de difícil ubicación para la instalación. Así como otras implicaciones que con la introducción del radar se presentarán en cuanto a equipos se refiere, como lo puede ser el acceso a información de los precios para hacer las consideraciones económicas de los mismos, disposiciones técnicas y operativas que no se puedan tener disponibles, difícil acceso a empresas fabricantes de radar que puedan facilitar información, dificultad de acondicionamiento de equipos en cuanto a nuevas necesidades de instalaciones eléctricas y electrónicas, falta de infraestructura de sala de equipos de la torre de control del Aeropuerto de ILOPANGO, así como también poca información para hacer nuevos planos de aproximación para las aeronaves con la introducción del sistema radar, dificultando los objetivos que persigue este trabajo.

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

La metodología de investigación a seguir comprenderá en hacer una combinación entre la investigación de campo y la bibliográfica. Las herramientas que se utilizarán para la solución del problema del trabajo de graduación será la información que se tenga con entrevistas con expertos, técnicos e ingenieros en telecomunicaciones aeronáuticas, instalación y mantenimiento de radares, profesionales de aeronáutica civil, controladores y supervisores de tránsito aéreo, todos estos involucrados en el campo de la navegación aérea.

Con las aportaciones y disposiciones generales de estas personas, se obtendrá una guía básica para la recopilación de información, sugerencias de lugares donde se tenga acceso a información concerniente a este trabajo y se elaborarán esquemas de planes de trabajo básicos para la solución del problema.

Se utilizarán técnicas de investigación para el análisis e interpretación de la información, se plantearán todos los objetivos específicos y se les dará su explicación respectiva, fundamentándolos y dándoles las respuestas respectivas con todo el análisis, síntesis, inducción y deducción que se aplicará a la investigación de campo y bibliográfica.

Elaboración de un plan de trabajo utilizando por ejemplo cronogramas de actividades, elaboración de listas de actividades a desarrollar en los cuales se incluirán temarios y resúmenes. Con esto se presentarán también una breve lista de los sitios a visitar y diferentes tipos de personas a entrevistar.

Las visitas técnicas se harán a bibliotecas de universidades, instituciones gubernamentales e internacionales como lo son la Dirección General de Transporte Aéreo (DGTA), Comisión

Ejecutiva Portuaria Autónoma (CEPA) en el Aeropuerto Internacional EL SALVADOR (AIES), Aeropuerto Internacional de ILOPANGO, Corporación Centroamericana de Servicios de Navegación Aérea (COCESNA), Escuela Centroamericana de Adiestramiento Aeronáutico (ECAA).

En estos lugares se buscará y recopilará toda la información bibliográfica a la cual se tenga acceso, como lo pueden ser tesis relacionadas con el tema, textos específicos de radar en general, sobre Radar Secundario de Vigilancia (SSR), bibliografía de cursos de mantenimiento básico radar SSR monopulso y teoría base de Modo S, cursos de radar dirigidos a controladores de tránsito aéreo, curso de control de tránsito aéreo entre otros a fines.

Entre otros aspectos generales de la investigación se buscará bibliografía sobre navegación aérea en general, tránsito aéreo, aviación, sistemas de comunicaciones aeronáuticas como lo es el ANEXO 10 de Telecomunicaciones aeronáuticas de la Organización de aviación Civil Internacional (OACI), enmiendas de normas y métodos recomendados internacionales, textos de telecomunicaciones en general, libros sobre antenas, transmisión de datos, ondas y campos electromagnéticos, seguridad de vuelo y aerodinámica, diccionarios, manuales de términos aeronáuticos, texto de Ingeniería electrónica con aplicaciones a la aeronáutica, control de tráfico aéreo, revistas y artículos científicos de aviación civil y militar de publicaciones de países como España, Argentina, Brasil, Estados Unidos entre otros.

Con la bibliografía y entrevistas obtenidas se tendrá un punto de vista técnico (teórico) y un punto de vista operativo (práctico). Con estos dos puntos complementarios se tratará de obtener las respuestas necesarias para solucionar los objetivos que se persiguen solventar en esta trabajo de graduación. Además se obtendrán evaluaciones, conclusiones y recomendaciones de

ambas partes. Con la bibliografía antes expuesta se sacará las bases teóricas y prácticas para resolver los objetivos planteados en este documento y cumplirlos de forma óptima.

Se utilizará el medio de información de INTERNET para hacer también una investigación de información antigua y actualizada sobre el tema de radares, además se intentará establecer contactos con empresas que fabrican estos equipos, para llevar a cabo los objetivos del proyecto. Como lo puede ser tener acceso a información sobre los últimos modelos de equipos de radar, estructura física por medio de fotografías y gráficos esquemáticos, así como también los diferentes precios en el mercado de los mismos.

Como se observará la investigación a realizar será una combinación entre dos investigaciones de campo y la bibliográfica, ya que el tema planteado es un poco desconocido en el país, son pocas las personas que están involucradas en este campo de navegación aérea a nivel nacional y se necesita hacer una buena investigación recopilando toda la información que se tenga al alcance.

INDICE DE ILUSTRACIONES

Figura

Número Página

CAPITULO 1

1.1 - Area terminal TMA y Zonas de control- República de EL SALVADOR.....	4
1.2 - Antena de cuadro.....	11
1.3 - Sistema de antena en "T" del NDB.....	13
1.4 - Indicadores de a bordo de estaciones NDB.....	15
1.5 - Caseta de Equipo NDB del Aeropuerto de ILOPANGO.....	16
1.6- Equipo NDB.....	17
1.7- Señal de referencia: la misma fase en todas las direcciones.....	18
1.8 - Extracción de la diferencia de fase.....	19
1.9 - Receptores en los puntos cardinales.....	20
1.10 - Carácter direccional de las señales.....	20
1.11- Ejemplo de dirección magnética de avión.....	21
1.12 - Radiales VOR.....	21
1.13 - Equipo de a bordo.....	23
1.14 - Indicadores VOR.....	23
1.15 - Shelter del equipo VOR/DME.....	26
1.16 – Equipo VOR/DME.....	27
1.17 - Esquema del sistema de tierra.....	30
1.18 - Lóbulos Amarillo (90Hz) y Azul (150Hz).....	30
1.19 - Cobertura de localizador.....	31
1.20 - Gráfico de radiación de pendiente de planeo.....	32
1.21 - Indicaciones del localizador.....	33
1.22 - Indicaciones de trayecto de planeo.....	33
1.23 - Equipo de a bordo.....	35
1.24 - Shelter y Equipo ILS.....	37
1.25 - Antena del GLIDE SLOPE de ILS.....	38
1.26 - Sistema Rho/Teta.....	39
1.27 - Principio de funcionamiento.....	40
1.28 - Semejanza Radar secundario-DME.....	40
1.29 - Determinación de distancia.....	41
1.30 - Distancia real.....	42
1.31 - Formato y codificado de par de pulsos válidos.....	44
1.32 - Identificación VOR/DME.....	45
1.33 - Indicador DME.....	46
1.34 - Sistema radar.....	55
1.35 - Esquema del sistema de radar.....	60
1.36 - Modos de interrogación, separación de los pulsos P1 y P3.....	61
1.37- Posición de los pulsos de respuesta código 7777 con identificación.....	63

CAPITULO 2

2.1 - Compatibilidad entre los modos A/C y el modo S del SSR.....	70
2.2 - Diagramas de bloques de un radar secundario.....	77
2.3 - Relación de los pulsos de radar secundario con el origen de tiempos.....	79
2.4 - Dimensiones de los pulsos de interrogación P1, P2, P3.....	80

2.5 - Respuestas a lóbulos laterales.....	82
2.6 - Diagrama de antenas.....	82
2.7- Esquema de distribución de los pulsos del interrogador a las antenas direccional y omnidireccional.....	85
2.8 - Diagrama vertical de una antena de abanico.....	88
2.9 - Diagrama vertical de antena omnidireccional.....	88
2.10 - Antena L.V.A. Diagramas horizontales de suma y control a 1030 Mhz.....	89
2.11- Antena L.V.A. Diagramas horizontales de suma y diferencia a 1090 Mhz.....	90
2.12 - Antena L.V.A. . Diagrama vertical a 1030 Mhz.....	91
2.13 - Funciones esenciales de un extractor.....	96
2.14 - Cuantificador y detector de respuestas.....	97
2.15 - Validador de códigos.....	97
2.16 - Ejemplo de extracción de un plot.....	99
2.17- Diagrama de bloques de un respondedor.....	101
2.18 - Curva STC típica.....	110
2.19 - Medición del ángulo de acimut por monoimpulsos.....	117
2.20- Diagramas de suma y diferencia.....	118
2.21- Angulo fuera de visada en función de las señales de canal suma y de diferencia.....	118
2.22 - Ejemplo de procesamiento por suma/diferencia.....	119
2.23 - Presentaciones clásicas.....	121
2.24 - Presentación integrada.....	123
2.25 - Mezclador de vídeo.....	126

CAPITULO 3

3.1 - Diagrama de método de aproximación de salida de aeronaves para el aeropuerto de ILOPANGO.....	136
3.2 - Diagrama de método de aproximación de entrada de aeronaves para el aeropuerto de EL SALVADOR.....	142
3.3 - Diagrama del TMA de la república de EL SAVADOR con vectores estimados de radar..	143

CAPITULO 4

4.1- Efectos de las reflexiones de la superficie.....	172
4.2 - Envoltente de una estructura de lóbulos en una antena ordinaria que representa la probabilidad de detección del 90%.....	173
4.3 - Modulación de potencia pulso a pulso en el control azimutal del patrón ISLS.....	179
4.4 - Ajuste típico del STC.....	180
4.5 - Forma del gabinete SIR.....	183
4.6 - Diagramas a bloques general del SIR-M.....	184
4.7- Gabinete general de consola.....	190
4.8a - Sala de equipos de torre de control actual del Aeropuerto de ILOPANGO.....	195
4.8b - Sala de equipos de torre de control con equipos radar.....	196
4.9a - Sala de control de tránsito aéreo (ATC) actual.....	197
4.9b - Sala de control de tránsito aéreo (ATC) con monitor radar.....	198
4.10 - Torre de control.....	199
4.11 - Ubicación geográfica de antena radar.....	200
4.12 - Sala de equipos de torre de control del Aeropuerto Internacional de ILOPANGO.....	212
4.13 - Sala ATC - Torre de control del Aeropuerto de ILOPANGO.....	213
4.14 - Antena Radar SSR.....	214
4.15 - Vista de consola Radar.....	215
4.16 - Vista de Pantalla radar.....	216

RECONOCIMIENTO

ESPECIAL RECONOCIMIENTO A LAS SIGUIENTES PERSONAS QUE ME BRINDARON TODO SU APOYO DESINTERESADO Y MORAL, POR MEDIO DE LA ASESORÍA, CONSULTORÍA Y SUS APORTES PROFESIONALES QUE CONTRIBUYO AL BUEN DESARROLLO DE ESTE TRABAJO DE GRADUACIÓN:

ING. EDGAR HERNANDEZ PARADA, ING. CARLOS ERROA COLATO, SR. FRANCISCO ALBERTO HUEZO, ING. EDWIN ANTONIO RIVAS, ING. LUIS REYES MARQUEZ Y A TODOS MIS COMPAÑEROS DE TRABAJO.

DEDICADO A UNA PERSONA MUY ESPECIAL QUE ME ENSEÑO A ENFRENTAR CUALQUIER TIPO DE PROBLEMA, NO IMPORTANDO LAS DIFICULTADES Y OSBTACULOS QUE EXISTIERAN, A TENER SEGURIDAD Y CONFIANZA LABORAL EN MI MISMO, POR MEDIO DEL AMPLIO CONOCIMIENTO Y CRITERIO PROFESIONAL, TECNICO Y MORAL QUE SIEMPRE ME OFRECIO, ME REFIERO AL ING. BALTAZAR AQUINO SANCHEZ QUE EN PAZ DESCANSE.

AGRADECIMIENTOS

EN PRIMER LUGAR AGRADEZCO A DIOS TODO PODEROSO POR DARME LAS FUERZAS, LA PACIENCIA Y EL CONOCIMIENTO DE SEGUIR ADELANTE EN LA VIDA, ENFRENTANDO LOS RETOS Y OBSTÁCULOS QUE ESTA PRESENTA.

A MI ABUELITA MARIA DEL CARMEN CAMPOS, QUE SIEMPRE A ESTADO A MI LADO, CUIDÁNDOME INCONDICIONALMENTE EN LAS BUENAS Y EN LAS MALAS.

A MI FAMILIA QUE DESDE SIEMPRE HAN VELADO POR MI BIENESTAR, SALUD Y VIDA ESPIRITUAL, QUE HAN SABIDO DARME EN ESTE PROCESO DE APRENDIZAJE.

LUEGO A MIS COMPAÑEROS-AMIGOS DE TRABAJO QUE ME BRINDARON TODO EL APOYO TÉCNICO Y MORAL, Y FINALMENTE A MIS ESPECIALES Y QUERIDAS AMIGAS.

SIMBOLOGIA Y SIGLAS

A/A	Distancia de pista, a lo largo y a lo ancho.
ACC	Centro de control de región
ADF	Equipo automático de orientación (radiogoniómetro)
AIP	Publicación de información aeronáutica
AIS	Servicios de Información Aeronáutica.
AM	Modulación de amplitud
amsl	Sobre el nivel del mar
ARO	Oficial de Notificación Aeronáutica.
ASR	Radar de búsqueda de aproximación
ATC	Control de tráfico aéreo
ATCC	Centro de control de tráfico aéreo
ATCO	Oficial de control del tráfico aéreo.

Brg Orientación

CIE	Comisión Internacional de Iluminación
CAA	Autoridad de aviación civil
CAVOK	Tiempo bueno y claro
CDU	Unidad de control y presentación
CW	Onda continua, onda portadora

dB	Decibelio
DDM	Diferencia de profundidad de modulación
Dev	Desviación
DF	Goniometría
diff	Diferencia, Diferencial
Dir	Dirección
Dist	Distancia
DME	Equipo de medida de distancia
DOC	Cobertura operacional prevista

°E Grados este
EHF Extremadamente alta frecuencia

FDPS	Sistema de procesamiento de datos de vuelo
FPPS	Sistema de procesamiento del plan de vuelo
fd	Desplazamiento Doppler
FIR	Región de información de vuelo
FM	Modulación de frecuencia
ft	Pie (medida)

Ghz	Gigahercio
GNM	millas náuticas en el suelo
GP	Trayecto de planeo
GS	Velocidad respecto al suelo
Hdg	Rumbo
HF	Alta frecuencia
Hdg(M)	Rumbo magnético
Hz	Hercio
IFR	Reglas de vuelo con instrumentos
ILS	Sistema de Aterrizaje con Instrumentos
INS	Sistema de navegación inercial
Khz	Kilohercios
Km	Kilómetro
LF	Baja frecuencia
LOC	Localizador
LMM	Marcador Central de localizador
LOM	Marcador exterior de localizador
LUHF	Frecuencia más baja utilizable
m	Metro
MF	Media frecuencia
MHz	Megahercio
min	Minuto
MKR	Marcador.
MM	Marcador central.
mn	milla náutica.
MN	Norte magnético.
MUF	Máxima frecuencia utilizable.
NDB	Radiofaro no direccional.
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional
OBS	Selector de omnidirección.
OCL	Limite de ausencia de obstáculos.
OM	Marcador exterior.
°P	Grados a babor.
PAR	Radar de precisión de aproximación.
PEP	Potencia envolvente pico.

PPI	Indicador de posición de planta.
PPS	Impulsos por segundo.
PRF	Frecuencia de repetición de impulsos.
PRP	Período de repetición de impulsos.
PT	Viraje de procedimiento.
QDL	Serie de marcaciones.
QDM	Rumbo magnético del avión que ha de conservar, con viento nulo, para llegar a la estación.
QDR	Rumbo magnético desde la estación.
QFE	Altura sobre el terreno basada en la posición local de la estación.
QE	Error cuadrantal.
QGH	Margen del proceso de aterrizaje.
QNE	Ajuste del altímetro en 29.92" Hg. o 1013.2 Mb.
QNH	Altitud sobre el nivel del mar basada en la presión local de la estación.
QTE	Rumbo verdadero desde la estación.
QUJ	Pista verdadera del avión hasta la estación.
°R	Grados relativos.
RAD	Radar de vigilancia y aproximación
RBI	Indicador de rumbo relativo.
Rel Brg	Rumbo relativo.
REIL	Luces de identificación de final de pista.
RL	Luces de orilla de pista.
RF	Radiofrecuencia.
RMI	Indicador radiomagnético.
RNAV	Navegación de área basada en computadoras de línea de curso.
ROD	Velocidad de descenso.
RT	Radiotelefonía.
RVR	Distancia visual de la pista.(o alcance de visibilidad de pista).
SFL	Luces de destellos de secuencia.
°S	Grados a estribor.
SHF	Super alta frecuencia.
Sig	Señal.
SID	Rutas de salida normadas por instrumentos.
SRA	Aproximación radar no de precisión.
STAR	Rutas de llegada normadas a las terminales.
SSR	Radar secundario de vigilancia.
Stbd	Estribor.
TAP	Proceso de aproximación a terminal.
TAS	Velocidad verdadera en el aire.
TDZ	Zona de toque de ruedas.
TMA	Área terminal de control.
TR	Pista, vía.
t.r.c.	Tubo de rayos catódicos.

TVOR	Terminal VOR.
Tx	Transmisor.
μ	Microsegundo.
UHF	Ultra alta frecuencia.
UTA	Área de control muy alta.
VDF	Radiogoniómetro de VHF.
VFR	Reglas de vuelo visual.
VHF	Muy alta frecuencia.
VLf	Muy baja frecuencia.
VMC	Condiciones meteorológicas de vuelo visual.
VOR	Radiofaro omnidireccional de muy alta frecuencia.
VOT	VOR de prueba.
$^{\circ}$ W	Grados al oeste.
W/P	Punto de vía en la navegación de área (RNAV). (Way Point).
W/V	Velocidad del viento.

GLOSARIO

ADF Radiogoniómetro automático. Se refiere normalmente al equipo de a bordo que opera en la banda de 200 Khz a 500 Khz.

Aeródromo Área definida de tierra o de agua que incluye todas sus edificaciones, instalaciones y equipos destinada, total o parcialmente, a la llegada, salida y movimiento de aeronaves.

Aeródromo controlado Aeródromo en el que se facilita servicio de control de tránsito aéreo para el tránsito del aeródromo.

Nota: La expresión "Aeródromo controlado" indica que se facilita el servicio de control de tránsito para el tránsito del aeródromo, pero no implica que tenga que existir necesariamente una zona de control, puesto que esta se exige en los aeródromos en que se facilita el servicio de control de tránsito para los vuelos IFR, pero no en los aeródromos en que solo se facilita para los vuelos VFR.

Aeronave Toda máquina que puede sustentarse en la atmósfera por reacciones del aire que no sean las reacciones del mismo contra la superficie de la tierra.

Aerovía Área de control o parte de ella dispuesta en forma de corredor y equipada con radioayudas para la navegación.

AFC Control automático de frecuencia. Circuito corrector de errores que puede acoplarse al equipo receptor para compensar cualquier variación en frecuencia, tanto en los circuitos del receptor como en la señal recibida.

AFTN Red de telecomunicaciones fijas aeronáuticas. Una red de telecomunicaciones que conecta los aeropuertos principales y los centros de control del tráfico aéreo concebido para la distribución de los planes de vuelo, NOTAMS, etc.

Alcance visual en la pista Es la distancia máxima, en la dirección del despegue o del aterrizaje, a la cual la pista, o las luces o balizas especificadas que la delimitan, pueden verse desde una posición situada por encima de un punto determinado en el eje de la pista a una altura correspondiente al nivel medio a que queda la vista del piloto en la toma de contacto. (RVR=Runway Visual Range).

Altura: 1) Distancia vertical entre un nivel, punto u objeto considerado como punto y una referencia especificada.

2) Dimensión vertical de un objeto, el término "altura" puede usarse también en sentido figurado para expresar una dimensión que no sea vertical; por ejemplo, la altura de una letra o cifra pintada en una pista.

Altitud: Distancia vertical entre un nivel, punto u objeto considerado como punto y el nivel medio del mar.

Altitud de Presión Expresión de la presión atmosférica mediante la altitud que corresponde a esa presión en la atmósfera tipo.

Altitud de transición Altitud, en las proximidades de un aeródromo, a la cual, o pro debajo de la cual, se controla la posición vertical de la aeronave por referencia a altitudes.

Altura de decisión (DH) Altura especificada a la cual debe iniciarse una maniobra de aproximación frustrada si no se ha establecido la referencia visual requerida para continuar la aproximación para aterrizar. (Decisión Height).

AM Modulación en Amplitud. Acción de imprimir la voz u otros datos sobre una señal de radiofrecuencia variando el nivel instantáneo de potencia, por ejemplo:

Aproximación final Parte del procedimiento de aproximación por instrumentos, que comprenden desde el momento en que la aeronave:

a) Ha completado el último viraje reglamentario o viraje de base, si se especifica uno, o bien,

b)ha sobrevolado un punto de posición especificado, ó bien

c)ha interceptado la última trayectoria especificada para el procedimiento, hasta que llega a un punto en las inmediaciones del aeródromo, desde el cual:

i) Puede efectuar un aterrizaje, ó bien

ii) Comienza un procedimiento de aproximación frustrada.

Aproximación inicial Parte de un procedimiento de aproximación por instrumentos que consiste en la primera aproximación a la primera instalación de ayuda a la navegación relacionada con el procedimiento, o a un punto de posición predeterminado.

Aproximación Radar Aproximación ejecutada por una aeronave, bajo la dirección de un controlador radar.

Aproximación visual La aproximación en un vuelo IFR cuando cualquier parte o la totalidad del procedimiento de aproximación por instrumentos no se completa, y se realiza mediante referencia visual respecto al terreno.

Área con servicio de asesoramiento Área designada comprendida dentro de una región de información de vuelo, donde se da servicio de asesoramiento de tránsito aéreo.

Área de aterrizaje La parte del área de movimiento que esta designada al recorrido de aterrizaje o de despegue de las aeronaves.

Área de Control Un volumen de espacio aéreo cuya área geográfica y límites superior e inferior están notificados y en los cuales existe control del tráfico aéreo.

Área de control terminal Área de control establecida generalmente en la confluencia de rutas ATS en las inmediaciones de uno o más aeródromos principales.

Área de maniobras Aquella parte del aeródromo que debe usarse para el despegue y aterrizaje de aeronaves y también para el movimiento de estas, relacionado con los despegues y aterrizajes, excluyendo las plataformas.

Área de movimiento La parte del aeródromo destinada al movimiento de aeronaves en la superficie, incluyendo el área de maniobras y las plataformas.

Área de señales Área de un aeródromo utilizada para exhibir señales terrestres.

Asistencia Radar El empleo del radar para proporcionar a las aeronaves información y asesoramiento sobre desviaciones significativas respecto a la trayectoria nominal de vuelo.

ATCO Oficial de control del tráfico aéreo. Persona entrenada y con licencia para controlar el tráfico aéreo.

Calle de rodaje Vía definida en un aeródromo terrestre, escogida o preparada para el rodaje de las aeronaves.

Centro de control de área Dependencia establecida para facilitar servicio de control de tránsito aéreo a los vuelos controlados en las áreas de control bajo su jurisdicción.

Centro de información de vuelo Dependencia establecida para facilitar servicio de información de vuelo y servicio de alerta.

Comunicación aeroterrestre Comunicación en ambos sentidos entre las aeronaves y las estaciones o posiciones situadas en la superficie de la tierra.

Comunicación de aire a tierra Comunicación en un solo sentido, de las estaciones o posiciones situadas en la superficie de la tierra a las aeronaves.

Condiciones meteorológicas de vuelo por instrumentos (IMC) Condiciones meteorológicas expresadas en términos de visibilidad, distancia de las nubes y techo, inferiores a las mínimas especificadas para condiciones meteorológicas visuales.

Nota: Con autorización, los vuelos VFR pueden proceder en zonas de control como si estuviesen en condiciones meteorológicas de vuelo por instrumentos.

Condiciones meteorológicas de vuelo visual Condiciones meteorológicas expresadas en términos de visibilidad, distancia de las nubes y techo, iguales o mejores que las mínimas especificadas.(VMC).

Contacto Radar Situación que existe cuando la traza radar de determinada aeronave se ve e identifica en una presentación radar.

Control Radar Término empleado para indicar que en la provisión de servicio de control de tránsito aéreo se está utilizando directamente información obtenida mediante radar.

Controlador Radar Controlador de tránsito aéreo calificado, titular de una habilitación radar apropiada a las funciones a que esta asignado.

dB Decibelio. Unidad de potencia o voltaje relativo, medido sobre una escala logarítmica.

dBm La unidad de potencia relativa comparada con la normalizada de 1mW a través de una impedancia de 600 Ohmios.

Dependencia de control de tránsito aéreo Expresión genérica que se aplica, según el caso a los centros de área, oficinas de control de aproximación o torres de control de aeródromo.

Dependencia de servicios de tránsito aéreo Expresión genérica que se aplica, según el caso, a las dependencias de control de tránsito aéreo, a los centros de información de vuelo o a las oficinas de notificación de los servicios de tránsito aéreo.

Dependencia Radar Elemento de una dependencia de los servicios de tránsito aéreo que utiliza equipo radar para suministrar uno o mas servicios.

ddm Diferencia de intensidad de modulación. Comparación de las intensidades de modulación de los tonos de 90HZ y 150Hz (terminología ILS).

Dirección de aeronave Combinación única de 24 bits disponible para su asignación a una aeronave, para fines de comunicaciones aeroterrestre, navegación y vigilancia.

Diagrama polar Método gráfico de representación de las características de un sistema de antena en un único plano. Si dicho plano es vertical, el diagrama se llama polar vertical (VPD) y si es horizontal, diagrama polar horizontal (HPD).

Dipolo Antena que está dividida y alimentada en su punto central.

Eco radar Indicación visual en una presentación radar de una señal radar reflejada desde un objeto.

Ecoss parásitos radar Señales parásitas en una presentación radar.

Efecto Doppler El cambio aparente de frecuencia observado en una onda en movimiento debido al movimiento relativo entre la fuente de radiación y el observador.

Elevación Distancia vertical entre un punto ó nivel en la superficie de la tierra, unido a ella, y sobre el nivel del mar.

Embudo de aproximación Espacio aéreo especificado, alrededor de una trayectoria nominal de aproximación, dentro del cual una aeronave que efectúa una aproximación se considera que ejecuta una aproximación normal.

Espacio aéreo controlado Espacio aéreo de dimensiones definidas dentro del cual se facilita servicio de control de tránsito aéreo para los vuelos controlados.

Estación aeronáutica Estación terrestre del servicio móvil aeronáutico. En ciertos casos la estación aeronáutica puede estar a bordo de un barco ó de un satélite terrestre.

Estación de radio de control terrestre Estación de telecomunicaciones aeronáuticas que, como principal responsabilidad, tiene a su cargo las comunicaciones relativas a la operación y dirección de aeronaves en determinada área.

Estación de telecomunicaciones aeronáuticas Estación de servicio fijo aeronáutico.

Exploración-conversión Proceso de convertir señales vídeo de radar del Ro/Teta a presentaciones radar tipo TV.

Extracción de Gráficos Proceso de identificación de un retorno de radar válido y conversión de la información posicional Ro/Teta (es decir, distancia/rumbo) a coordenadas cartesianas delineadas por medios digitales.

Facilidad Radioestación ó faro para facilitar la navegación.

Fase de alerta Situación en la cual se abriga temor por la seguridad de una aeronave y de sus ocupantes.

Fase de emergencia Expresión genérica que significa, según el caso, fase de alerta, fase de peligro o fase de incertidumbre.

Fase de incertidumbre Situación en la cual existe duda acerca de la seguridad de una aeronave y de sus ocupantes.

Fase de peligro Situación en la cual existen motivos para creer que una aeronave y sus ocupantes están amenazados por un peligro grave e inminente y necesitan auxilio inmediato.

FIR Región de información de vuelo. Área geográfica bajo la jurisdicción de un centro único de control del tránsito aéreo.

FM Modulación de frecuencia. Acción de imprimir información u otros datos en una señal de radiofrecuencia variando la frecuencia transmitida.

Fruit Respuestas del SSR no sincronizadas.

Guía vectorial radar El suministro a las aeronaves de guía para la navegación en forma de rumbos específicos basados en la observación de una presentación radar.

GMC Control de movimiento de superficie. Término común en la posición de control del tránsito aéreo que controla el avión en rodaje y ciertos movimientos de vehículos.

Hora prevista de aproximación Hora a la que el ATC prevé que una aeronave que llega, después de haber experimentado una demora, abandonará el punto de espera para completar su aproximación para aterrizar.

Nota:- La hora a que realmente se abandone el punto de espera dependerá del permiso de aproximación.

Identificación de aeronave Grupo de letras o de cifras, o una combinación de ambas, idéntico al distintivo de llamada de una aeronave para las comunicaciones aeroterrestres o dicho distintivo expresado en clave, que se utiliza para identificar las aeronaves en las comunicaciones entre centros terrestres de los servicios de tránsito aéreo.

Identificación radar Proceso de relacionar una determinada traza radar con una aeronave determinada.

ILS Sistema de aterrizaje por instrumentos. Ayuda de aproximación standard de la OACI.

Indicador de lugar Grupo clave de cuatro letras, formulado de acuerdo con las disposiciones prescritas por la OACI y asignado al lugar en que esta situada una estación fija aeronáutica.

Información meteorológica Informes meteorológicos, análisis, pronósticos y cualesquiera otras relativas a condiciones meteorológicas presentes o previstas, que proceden o pueden obtenerse de una autoridad meteorológica o de sus oficinas meteorológicas.

Informe meteorológico Declaración de las condiciones meteorológicas observadas en relación con una hora y lugar determinados.

Interexploración Período entre el final de una exploración de una base de tiempo de una presentación radar y el comienzo de la siguiente.

IMC Condiciones meteorológicas instrumentales. Condiciones meteorológicas, por debajo de ciertos criterios predeterminados, en las cuales se aplican las reglas de vuelo instrumental.

IVR Alcance visual por instrumentos-equipo que proporciona un método automático de estimación de la visibilidad.

Knot (nudo) Unidad de velocidad empleada en aviación (1 nudo = 1 milla náutica por hora).

Límite de permiso Punto hasta el cual se concede a una aeronave permiso de control de tránsito aéreo.

LORAN-A Long Range Aid to Navigation. Introducido originalmente en los años 40, este sistema hiperbólico de impulsos funcionó en frecuencias de la banda de 1,9 Mhz. Actualmente obsoleto.

LSB Banda lateral inferior. Banda lateral de una transmisión de AM que es de menor frecuencia que la portadora.

Luz aeronáutica de superficie Toda luz dispuesta especialmente para que sirva de ayuda a la navegación aérea, excepto las ostentadas por las aeronaves.

Mapa Radar Información superpuesta en una presentación radar para proporcionar indicación directa de datos seleccionados.

Microondas Término utilizado para describir todas las frecuencias por arriba de 1000 Hz.

MLS Sistema de aterrizaje por microondas. Se propone para reemplazar al ILS.

Modo A Un tipo de presentación radar en el cual se indica la distancia por el desplazamiento a lo largo de la traza y las señales recibidas producen una deflexión en ángulos rectos a la traza.

Mosaico Sistema de procesamiento radar en el cual las salidas de varias unidades radar de diferentes asentamientos se combinan para formar un único gráfico compuesto.

MTD Detector de blancos móviles. Circuito aplicado para identificar los retornos válidos del radar primario, eliminando los ecos permanentes y otras señales no deseadas, empleando técnicas digitales.

MTI Indicador de blancos móviles. Circuito aplicado para identificar los retornos válidos del radar primario, eliminando los ecos permanentes y otras señales no deseadas, empleando técnicas analógicas.

NDB Radiofaro no direccional. Transmisor de radio que funciona en la banda de 200Khz-500Khz identificando una posición geográfica que puede ser localizada por el equipo ADF de a bordo

Nivel Posición vertical de una aeronave en vuelo, con independencia del plano de comparación o de las unidades de distancia vertical empleadas.

Nota- En la práctica, los servicios de tránsito aéreo expresarán el nivel de una aeronave en vuelo por el nivel de vuelo, altitud o altura, según los procedimientos vigentes de reglaje de altímetro.

Nivel de crucero Nivel que se mantiene durante una parte considerable del vuelo.

Nivel de transición Nivel más bajo de vuelo disponible para usarlo por encima de la altitud de transición.

Niveles de vuelo Superficies de presión atmosférica constante relacionadas con determinada referencia de presión, 1013,2mb (29,92 pulgadas), que están separadas por determinados intervalos de presión.

NOTAM Aviso que contiene relativa al establecimiento, condición o modificación de cualquier instalación aeronáutica, servicio, procedimiento o peligro, cuyo conocimiento oportuno es esencial para el personal encargado de las operaciones de vuelo.

Distribución Clase I. Distribución por medio de telecomunicaciones.

Distribución Clase II. Distribución por medios distintos de las telecomunicaciones.

Oficina de control de aproximación Dependencia establecida para facilitar servicio de control de tránsito aéreo a los vuelos controlados que lleguen a uno o más aeródromos o salgan de ellos.

Oficina de notificación de los servicios de tránsito aéreo Oficina creada con objeto de recibir los informes referentes a los servicios de tránsito aéreo y los planes de vuelo que se presentan antes de la salida.

Oficina meteorológica (aeronáutica) Oficina designada para suministrar servicio meteorológico para la navegación aérea internacional.

Orden de aproximación Orden en que se permite a dos o más aeronaves efectuar la aproximación para el aterrizaje.

Omega Sistema de navegación hiperbólica de larga distancia que funciona en la banda de VLF.

PAIR Radar interferómetro para aproximación de precisión. Ayuda de aproximación de tierra en desarrollo para aviación civil, que utiliza el SSR para determinación de distancia e interferometría para determinación de marcación.

Permiso de control de tránsito aéreo Autorización para que una aeronave proceda en condiciones especificadas por una dependencia de control de tránsito aéreo.

Nota 1- Por razones de comodidad, la expresión permiso de control de tránsito aéreo suele utilizarse en la forma abreviada de permiso cuando el contexto lo permite.

Nota 2- La forma abreviada permiso puede ir seguida de las palabras de rodaje, de despegue, de salida, en ruta, de aproximación o de aterrizaje, para indicar la parte concreta del vuelo a que se refiere.

Piloto al mando Piloto responsable del manejo y seguridad de la aeronave durante el tiempo de vuelo.

Pista Área rectangular definida en un aeródromo terrestre, preparada para que las aeronaves efectúen a lo largo de ella los recorridos de aterrizaje y de despegue.

Plan de vuelo Información especificada que, respecto a un vuelo proyectado o a parte de un vuelo de una aeronave, se somete a las dependencias de los servicios de tránsito aéreo.

Plan de vuelo actualizado Plan de vuelo que comprende las modificaciones, si las hay, que resultan de incorporar permisos posteriores.

Plan de vuelo presentado El plan de vuelo, tal como ha sido presentado a la dependencia ATS por el piloto o su representante designado, sin ningún cambio subsiguiente.

Plataforma Área definida, en un aeródromo terrestre, destinada a dar cabida a las aeronaves, para los fines de embarque o desembarque de pasajeros o carga, provisionamiento de combustible, estacionamiento o mantenimiento.

Posición de seguimiento radar Extrapolación de la posición de una aeronave que hace el calculador a base de información radar, y que utiliza el propio calculador para fines de seguimiento.

Nota- En ciertos casos, para facilitar el proceso de seguimiento, se utiliza información obtenida por medios distintos del radar.

PPI Indicador radar de posición en plano. Forma de presentación radar que indica la posición relativa de los blancos en el plano horizontal.

PRF Frecuencia de repetición de impulsos. El número de impulsos o grupos de impulsos radiados por segundo por un radar u otra ayuda que emplee técnica de impulso.

Presentación radar Presentación electrónica de información derivada del radar que representa la posición y movimiento de las aeronaves.

Procedimiento de aproximación frustrada Procedimiento que debe seguirse si, después de una aproximación por instrumentos, no se efectúa el aterrizaje y ocurre, generalmente:

- a) Cuando la aeronave ha descendido hasta la altura crítica y no ha establecido contacto visual; o bien
- b) Cuando indique el control de tránsito aéreo que hay que hacer un ascenso brusco o dar otra vuelta.

Procedimiento de aproximación por instrumentos Serie de maniobras predeterminadas que en condiciones de vuelo por instrumentos, permite a una aeronave completar ordenadamente todas las fases, desde el comienzo de la aproximación inicial hasta el aterrizaje, o hasta un punto a partir del cual se puede aterrizar visualmente.

Procedimiento de espera Maniobra predeterminada que mantiene a la aeronave dentro de un espacio aéreo especificado, mientras espera un permiso posterior.

Procesamiento de datos Serie sistemática de operaciones realizadas con los datos.

Nota- Las operaciones pueden ser intercalación, clasificación, cálculo ó cualquier otra transformación u ordenamiento, con el fin de obtener ó revisar información ó de modificar la representación de la misma.

Pronostico Declaración de las condiciones meteorológicas previstas para un periodo especificado y respecto a una cierta área ó porción del espacio aéreo.

Publicación de información aeronáutica La publicada por cualquier Estado, ó con su autorización, que contiene información aeronáutica, de carácter duradero, indispensable para la navegación aérea.

Punto de espera Lugar especificado, que se identifique visualmente o por otros medios, en las inmediaciones del cual mantiene su posición una aeronave, de acuerdo con los permisos del control de tránsito aéreo.

Punto de notificación Lugar geográfico especificado, con referencia la cual una aeronave puede notificar su posición.

Punto de toma de contacto Punto en el que la trayectoria nominal de planeo intercepta la pista.

Nota- El punto de toma de contacto, tal como queda definido, es solo un punto de referencia y no tiene necesariamente que coincidir con el punto en que la aeronave entrará verdaderamente en contacto con la pista.

Punto de transferencia de control Punto determinado de la trayectoria de vuelo de una aeronave, en el que la responsabilidad de proporcionar servicio de control de tránsito aéreo a la aeronave se transfiere de una dependencia o posición de control a la siguiente.

Radar Dispositivo radioeléctrico para la detección que proporciona información acerca de distancia, azimut y/o elevación de objetos.

Radar de precisión para la aproximación(PAR) Equipo de radar primario usado para determinar la posición de una aeronave durante la aproximación final; en azimut y elevación en relación con una trayectoria nominal de aproximación, y en distancia en relación con un punto de toma de contacto.

Nota- Los radares de precisión para la aproximación sirven para que pueda darse guía por comunicación radio a los pilotos durante las fases finales de la aproximación para aterrizar.

Radar primario Sistema de radar que usa señales de radio reflejadas.

Radar secundario Sistema de radar que usa señales de respondedores de los aviones.

Radiodifusión Transmisión de información referente a navegación aérea que no va dirigida a ninguna estación o estaciones determinadas.(Broadcasting).

Región de información de vuelo Espacio aéreo de dimensiones definidas, dentro del cual se facilitan los servicios de información de vuelo y de alerta.

Respuesta radar La indicación visual, en una presentación radar, de una señal radar transmitida desde un objeto en respuesta a una interrogación.

RMI Indicador radio magnético. Instrumento que se instala en el avión para indicar marcaciones obtenidas del equipo Vor ó del ADF.

Ro-Teta Delineación de posición mediante la especificación de distancia y rumbo desde un punto fijo.

Rumbo (de la aeronave) La dirección en que apunta el eje longitudinal de una aeronave, expresada generalmente en grados respecto al Norte (geográfico, magnético, de la brújula o de la cuadrícula).

Ruta ATS Ruta especificada que se ha designado para analizar la corriente del tránsito según sea necesario, para proporcionar servicio de tránsito aéreo.

Separación no Radar La separación utilizada cuando la información de posición de la aeronave se obtiene de fuentes que no sean de radar.

Separación Radar La separación utilizada cuando la información de posición de la aeronave se obtiene de fuentes radar.

Servicio de Alerta Servicio suministrado para notificar a los organismos pertinentes respecto a aeronaves que necesitan ayuda de búsqueda y salvamento, y auxiliar a dichos organismos según convenga.

Servicio de asesoramiento de tránsito aéreo Servicio que se suministra en el espacio aéreo, con asesoramiento para que, dentro de lo posible, se mantenga la debida separación entre las aeronaves que operan según planes de vuelo IFR.

Servicio de control de aeródromo Servicio de control de tránsito aéreo para el tránsito de aeródromo.

Servicio de control de aproximación Servicio de control de tránsito aéreo para la llegada y la salida de vuelos controlados.

Servicio de control de área Servicio de control de tránsito aéreo para vuelos controlados en las áreas de control.

Servicio de control de tránsito aéreo Servicio suministrado con el fin de:

- 1) Prevenir colisiones:
 - a) entre aeronaves; y
 - b) entre aeronaves y obstáculos en el área de maniobras; y
- 2) Acelerar y mantener ordenadamente el movimiento del tránsito aéreo.

Servicio de información de vuelo Servicio cuya finalidad es aconsejar y facilitar información útil para la realización segura y eficaz de los vuelos.

Servicio de telecomunicaciones aeronáuticas Servicio de telecomunicaciones que se da para cualquier fin aeronáutico.

Servicio de tránsito aéreo Expresión genérica que se aplica, según el caso, a los servicios de información de vuelo, alerta, asesoramiento de tránsito aéreo, control de tránsito aéreo, control de área, control de aproximación o control de aeródromo.

Servicio fijo aeronáutico (AFS) Servicio de telecomunicaciones entre puntos fijos determinados, que se suministran primordialmente para seguridad de la navegación aérea y para que sea regular, eficiente y económica la operación de los servicios aéreos.

Servicio móvil aeronáutico Servicio de radiocomunicaciones entre estaciones de aeronaves y estaciones aeronáuticas utilizado para designar un servicio, o entre las primeras.

Servicio Radar Término utilizado para designar un servicio proporcionado directamente por medio de radar.

Senda de planeo Trayectoria de aproximación a una pista en el plano vertical.

SGC Control de ganancia de barrido, también conocido como control temporal de sensibilidad (STC). Acción mediante la cual un receptor radar pierde sensibilidad inmediatamente

después de la salva del transmisor, pero la recupera gradualmente para mantener todas las señales a una intensidad razonablemente constante en el detector.

SLS Supresión de lóbulo lateral. Técnica usada en el SSR para asegurar que un avión no sea interrogado por otras señales que las radiadas por el haz principal del dispositivo de antena.

SPI Indicador especial de posición. Impulso adicional radiado después del grupo de respuesta principal del SSR que da origen a una indicación en la presentación radar. Se utiliza para identificación.

SRA Radar de vigilancia en aproximación. Técnica de guiado en la aproximación controlada desde tierra usando solamente pantallas radar PPI.

SSB Banda lateral única. Forma de transmisión modulada en amplitud en que no se radian ni la portadora ni una banda lateral.

SSR Radar secundario de vigilancia. Técnica radar en la cual la transmisión de tierra es recibida por el avión, que automáticamente inicia una respuesta que puede contener información tal como identidad y altura.

Torre de control de aeródromo Dependencia establecida para facilitar servicio de control de tránsito aéreo al tránsito de aeródromo.

Tránsito aéreo Todas las aeronaves que se hallan en vuelo, y las que circulan por el área de maniobras de un aeródromo.

Tránsito de aeródromo Todo el tránsito que tiene lugar en el área de maniobras de un aeródromo, y todas las aeronaves que vuelen en las inmediaciones del mismo.

Nota- Se considera que una aeronave está en las inmediaciones de un aeródromo, cuando está dentro de un circuito de tránsito de aeródromo, o bien entrando o saliendo del mismo.

Traectoria de planeo Perfil de descenso determinado para guía vertical durante una aproximación final.

Traza Radar Expresión genérica que significa indistintamente un eco radar o una respuesta radar desde una aeronave.

Transpondedor Equipo de a bordo en aeronave el cual es un transmisor y receptor a la vez.

TMA Confluencia de aerovías en la proximidad de un aeropuerto o aeropuertos.

UHF Ultra alta frecuencia. Término general para frecuencias entre 200 MHz y 1000 MHz.

Umbral El comienzo de la parte de pista utilizable para el aterrizaje.

VCR Sala de control visual. Sala situada en la parte superior de la torre de control del tránsito aéreo, usualmente ocupada por los controladores de torre y de movimientos en tierra.

VHF Muy alta frecuencia. Término general para radiofrecuencias entre 20Mhz y 200 Mhz.

Viraje reglamentario Maniobra que consiste en un viraje desviándose de una trayectoria designada, seguida de otro en sentido contrario, ejecutándose ambos virajes de forma tal que la aeronave corte la trayectoria designada y pueda seguirla en dirección opuesta.

Visibilidad Distancia determinada por las condiciones atmosféricas y expresadas en unidades de longitud, a que pueden verse e identificarse durante el día objetos prominentes no iluminados y durante la noche objetos prominentes iluminados.

Visibilidad en tierra Visibilidad en un aeródromo, indicada por un observador competente.

Visibilidad en vuelo La visibilidad hacia adelante, medida desde el puesto de piloto de una aeronave en vuelo.

Vuelo controlado Todo vuelo al cual se facilita el servicio de control de tránsito aéreo.

Vuelo IFR Vuelo efectuado de acuerdo con las reglas de vuelo por instrumentos.

Vuelo VFR Vuelo efectuado de acuerdo con las reglas de vuelo visual.

VLF Muy baja frecuencia. Término general para radiofrecuencias inferiores a 100 Khz.

VMC Condiciones meteorológicas visuales. Condiciones meteorológicas que son mejores que ciertos criterios predeterminados en los cuales el avión puede volar de acuerdo con las reglas de vuelo visuales.

VOR Radiofaro VHF omnidireccional. Elemento de azimut del VOR-DME que es la ayuda standard internacional de corto alcance a la navegación.

X-Banda Término general para frecuencias del orden de 10000 Mhz.

Zona de control Espacio aéreo controlado que se extiende hacia arriba desde la superficie terrestre hasta un limite superior especificado.

CAPITULO 1

GENERALIDADES DE NAVEGACIÓN AÉREA

1.1- INTRODUCCIÓN

En este capítulo se da a conocer las generalidades sobre la navegación aérea, comenzando con la descripción de los componentes del control de tráfico aéreo, como lo son las regiones de información de vuelo, así como también sus espacios aéreos. En esta parte se verá como está integrado el control del tránsito aéreo, estructuralmente como operativamente, para dar el seguimiento correcto que los pilotos y controladores de tránsito aéreo deben de seguir y respetar para el correcto procedimiento de navegación, aproximación y aterrizaje de los aviones a su mando. De esto se tendrá un panorama general del objetivo de este capítulo.

En las siguientes dos secciones se mostrarán las clasificaciones de la **navegación aérea**, en la primera, y en la segunda la clasificación de los **Sistemas** de navegación aérea, los cuales se dividen según la utilidad en el control aéreo y por su funcionamiento.

Teniendo esta clasificación se pasará a describir algunos de estos sistemas, a estos se les conoce también como **radioayudas a la navegación aérea**. Se describirán el Radiofaro No direccional (NDB), el Radiofaro Omnidireccional de muy alta frecuencia (VOR), Sistema de aterrizaje por instrumentos (ILS) y el Equipo Medidor de Distancia (DME), los cuales son de mucha importancia en la actualidad y de gran uso a nivel mundial. Muchos de los otros sistemas mencionados en la clasificación ya están en desuso como obsoletos y para los objetivos de este

trabajo no son de mucha importancia explicarlos y por otro lado ninguno de estos esta en operación en los Aeropuertos de EL SALVADOR.

Finalmente se presentarán las disposiciones actuales con las que cuenta el Aeropuerto Internacional de ILOPANGO y luego las generalidades del radar. Del aeropuerto se dará una descripción general en cuanto a infraestructura y operatividad concierne. De esto se describirá la torre de control, sala de equipos, pista de aterrizaje, calles de rodaje, servicios que presta, el sistema de comunicaciones con los que opera y da servicio a la navegación aérea y por último los equipos de radioayudas con las que cuenta VOR, DME y NDB.

En el anexo 1 se muestra una breve historia del Aeropuerto Internacional de ILOPANGO en sus inicios de operación. En el anexo 2 se dan las normas de la Organización de Aviación Civil Internacional(OACI) del radar secundario de vigilancia(SSR).

1.2- COMPONENTES DEL CONTROL DE TRÁFICO AÉREO

En los primeros tiempos de la aviación todo avión podía volar según cualquier ruta y a cualquier altura que eligiese, ya que por su escaso número había poco riesgo de colisión. En el control de tráfico aéreo, el espacio aéreo se divide inicialmente en regiones de información de vuelo (FIR) que son áreas geográficas bajo la jurisdicción de un único centro de control de tráfico aéreo (ATCC). Dentro de un FIR se definen varios tipos de espacio aéreo. En algunos países estos incluyen zonas de peligro, zonas prohibidas, dos tipos de espacio aéreo controlado y espacio aéreo sujeto a reglamentación especial.

1.2.1- Espacio aéreo NO controlado

Un avión puede volar en el espacio aéreo no controlado de día y siempre que se cumplan ciertos criterios meteorológicos, según cualquier ruta y a la altura que el piloto desee. Bajo estas circunstancias se dice que está volando según las Reglas de Vuelo Visual (VFR) en Condiciones Meteorológicas Visuales (VMC).

El piloto es el responsable de mantener la separación de otros aviones por medios visuales y aunque el servicio de información de vuelo del centro de control de tráfico aéreo correspondiente siempre proporcionará toda la información de que disponga sobre el movimiento de otros aviones dentro del área, esta información no está basada en observaciones radar, es puramente consultiva y la responsabilidad del mantenimiento de la separación recae en el piloto al mando.

1.2.2- Espacio aéreo controlado

El espacio aéreo controlado está formado por áreas de control y zonas de control. Un Área de control es un volumen de espacio aéreo cuya área geográfica y límites superior e inferior están definidos y en el cual hay control de tráfico aéreo. Donde esta área toma la forma de un pasillo entre puntos específicos se denomina **Aerovía**.

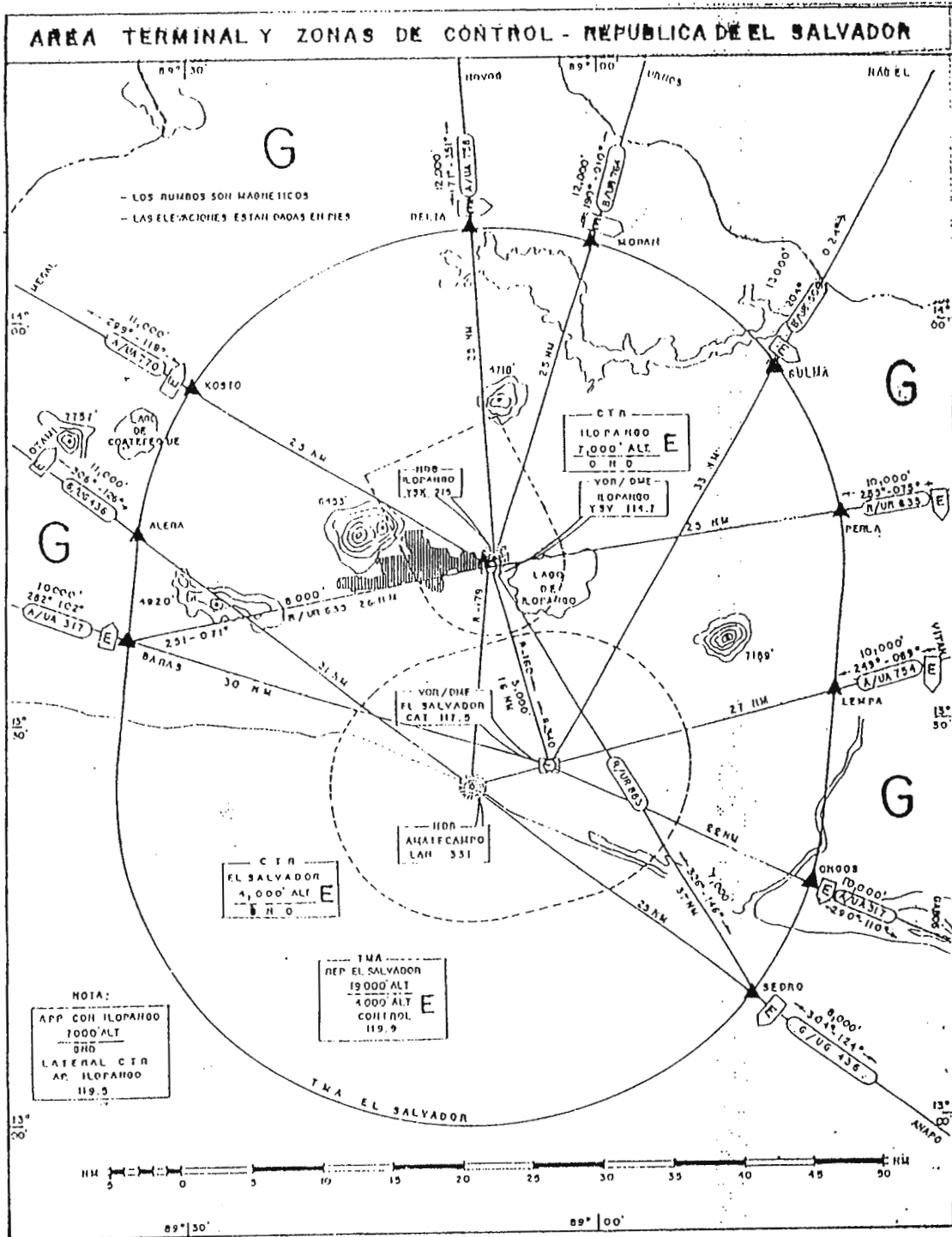


Figura 1.1- Area terminal y zonas de control- República de EL SALVADOR

La navegación según estas rutas (aerovías) se lleva a cabo mediante radiobalizas y se requiere que el avión lleve transpondedores SSR que hacen que los controladores lo identifiquen rápidamente. Las aerovías tienen normalmente 10 mn (millas náuticas) de anchura y especificados sus límites superior e inferior en altura. Una confluencia de aerovías en la región de un aeropuerto se designa como Área Terminal de Control (TMA) y si hay varios aeropuertos situados dentro de un área confinada se instituye un único TMA combinado bajo una única autoridad de control.

Las medidas de control que se aplican sobre aviones varían de un área a otra, dependiendo mucho del tipo y volumen de tráfico que existe normalmente. Todo el movimiento de aviones se hace a juicio, y bajo control directo, de la autoridad de control de tráfico aéreo y antes de penetrar en dicho espacio aéreo debe rellenarse un plan de vuelo. El avión debe volar a la altura, el rumbo y la velocidad asignados y no debe apartarse de ellos sin la autorización específica de dicha autoridad.

Para asegurar que la navegación se realiza según el criterio exigido, debe instalarse un equipo de radio específico y el piloto debe estar convenientemente calificado. En contrapartida, la autoridad de control de tráfico aéreo asegura la separación del avión de acuerdo con las mínimas y que su viaje se lleve a cabo de una manera rápida.

1.2.2.1- Planes de vuelo.

Para ajustarse a la reglamentación de vuelo instrumental, antes de sobrevolar un espacio aéreo controlado, el piloto debe complementar un plan de vuelo que incluya detalles del tipo de avión, equipo de radio que lleva, nombre del piloto, número de personas a bordo, equipo de supervivencia, ruta solicitada, destino y destinos alternativos, por si fuese necesaria una desviación. Al recibirse se transmite esta información mediante sistemas de comunicación a todos los centros de control de tráfico aéreo a lo largo de la ruta, al destino y a los aeropuertos alternativos.

A veces, un piloto que inicialmente desea volar hasta su destino sobre espacio aéreo NO controlado, decide penetrar en espacio aéreo controlado. En estas circunstancias se le permite rellenar su plan de vuelo por radio con el centro de control de tráfico aéreo. Entonces se mete en el medio de comunicación (computador) y es manejado en la forma usual.

1.2.3- Control de Aeropuertos.

Conforme un avión se aproxima a su aeropuerto de destino, con permiso de la autoridad de control, abandonará las aerovías y tomará contacto con el centro de control de aproximación. Bajo su guía y dependiendo de las condiciones meteorológicas y de las ayudas disponibles en el aeropuerto, el avión será localizado por el radar y volará según un modelo de aproximación utilizando las radioayudas específicas o realizará una aproximación visual para aterrizar.

Cuando este alineado para el aterrizaje, el control será transferido al controlador de torre del aeropuerto en la sala de control visual (VCR), quien controlará la aproximación final y el aterrizaje. Cuando el avión halla abandonado la pista de aterrizaje le darán instrucciones para llegar al punto de desembarque, bien por parte del controlador de torre o de un control de movimientos en tierra (GMC), dependiendo del tamaño del aeropuerto. [7]

1.3- CLASIFICACIÓN DE LA NAVEGACIÓN AÉREA.

1.3.1- Concepto de Navegación Aérea

Entiéndase navegación aérea, en su sentido más amplio, como el arte de llevar la aeronave (avión) de un sitio a otro y, etimológicamente, es sinónimo de aeronáutica. No obstante, en la práctica se utiliza esta expresión en un sentido más reducido, como ***“el arte de conocer en todo momento la posición de la aeronave y la trayectoria más adecuada para su transporte, en presencia de otras aeronaves”***.

La primera parte de esta definición es también lo que se conoce como **“localización”**, arte de **“conocer en todo momento la posición de la aeronave”**.

La segunda parte es la parte de la navegación que trata de la trayectoria más económica (problema de transporte) compatible con el resto del tráfico (problema de la **“circulación”**).

La tecnología correspondiente a la navegación la constituye **“Los Sistemas de Navegación Aérea”** que comprende una parte aviónica, de equipos instalados en el avión y otra de **“Ayudas a la Navegación”** de equipos instalados en tierra, habiendo sistemas que necesitan sólo la parte de aviónica como los autónomos, ó la de tierra, como el radar.

La navegación aérea ó localización puede clasificarse según el método utilizado en los siguientes grupos:

1.3.2- Navegación por estima:

Es la más antigua, pudiendo clasificarse en ella desde la estima a base de brújula y anemómetro hasta los modernos métodos de navegación inercial. En general coincide con los llamados “sistemas autónomos” de navegación, ya que no necesita ninguna ayuda terrestre. En principio podemos definir la navegación por estima como “el cálculo de la posición del avión a partir de los datos suministrados por los instrumentos del propio avión. La navegación por estima se basa siempre en la integración de la velocidad o de la aceleración para el cálculo de la posición.

1.3.3- Navegación por ayudas a la navegación

En esta clase de navegación, el cálculo de la posición se basa en datos obtenidos a partir de ondas electromagnéticas radiadas desde tierra. Las peculiaridades de las ondas recibidas permiten calcular la posición completa del avión, generalmente por intersección de líneas donde se encuentra el avión o “líneas de posición”, pero sin necesidad de conocer las posiciones previas de la aeronave.

1.3.4- Navegación por Radar

En esta clase de navegación, un controlador, en tierra, sigue la trayectoria del avión y da instrucciones al avión o simplemente, le comunica su posición. Se trata, pues, de una navegación combinada con el control. Así se hace, por ejemplo, el aterrizaje por radar de precisión (PAR) o el GCA (Ground Control approach) militar. A pesar de sus muchas ventajas, el radar no ha conseguido imponerse como método de navegación siendo su aplicación a la vigilancia y al control mucho más importante. También podríamos citar aquí una navegación autónoma por radar propio de uso más bien militar. [10]

1.4- CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE NAVEGACIÓN

Existe bastante uniformidad en cuanto a los **sistemas de navegación a corta y media distancia**, debido a la gran normalización que se impuso en la época de las "Aerovías de VHF". Las ayudas a la navegación que corresponden a este sistema son el VOR, DME y el ILS como ayuda al aterrizaje, sistemas de los que están equipados prácticamente todos los aviones.

En cuanto a la **navegación a larga distancia o transoceánica**, no hay tal uniformidad. Prácticamente todos los aviones están equipados con GPS (Global Position System), que proporcionan un sistema de navegación asistidos por satélites geoestacionarios.

Los sistemas de navegación se clasifican de la siguiente manera: **Según la utilidad en el control aéreo y por su funcionamiento.**

1.4.1- Clasificación por su utilidad en el control aéreo:

a) Sistemas autónomos y semiautónomos. Que no necesitan ayudas terrestres, o utilizan instalaciones fijas sencillas. Entre estos tenemos: El Navegador, INS (navegación por inercia) y el radiogoniómetro. Todos actualmente en desuso.

b) Sistemas radiales. Corresponden a las ayudas a corta y media distancia, o "en ruta". Son los siguientes: El VOR ("Very High Frequency Omnidirectional Range", radiofaro omnidireccional de muy alta frecuencia), Medidor de distancia DME ("Distance Measurement Equipment") y TACAN (medidor de distancia y marcación).

c) Ayudas a la aproximación y aterrizaje. Son el ILS (sistema de aterrizaje por instrumentos) y el antiguo "Range", radiofaro direccional.

d) Ayudas a larga distancia: Decca, sistema hiperbólico de onda continua, Loran, sistema hiperbólico por impulsos, Omega, nueva versión combinada de onda continua e impulsos. Todos estos en desuso. [10]

1.4.2- Clasificación por su funcionamiento:

a) **Sistemas de radionavegación:** En los cuales la aeronave, para obtener la información necesaria a la navegación, necesita de una o varias estaciones en tierra.

b) **Sistemas autosuficientes:** En los cuales el propio equipo de a bordo proporciona la información deseada para la navegación, sin necesidad de una estación en tierra.

a) Los sistemas de radionavegación comprenden:

- **Sistemas Goniométricos**, en los cuales la información dada posibilita descubrir el ángulo (azimut) que la aeronave tiene con el norte magnético (ejemplo: VOR, ADF, NDB, etc.).
- **Sistemas Telemétricos**, donde la información dada es la distancia de la aeronave a un punto fijo en tierra (ej: DME).
- **Sistemas Gonio-Telemétricos**, Como el radar primario, secundario y el TACAN.
- **Sistemas Hiperbólicos**, en los cuales la posición de la aeronave es obtenida de la intersección de hipérbolas imaginarias producidas por la señal de dos o más estaciones en tierra (ej: OMEGA, LORAN, DECCA).

b) Los sistemas autosuficientes comprenden:

- **El radio altímetro**, donde la información dada es la altura de la aeronave.
- **El radar panorámico de a bordo**
- **El radar DOPPLER**, que a través del desvío de frecuencia informa al piloto sobre la velocidad de la aeronave en relación al suelo;
- **El inercial**, el único realmente autosuficiente, pues al contrario de los anteriores, la información al piloto (velocidad y aceleración de la aeronave) no depende de la emisión y recepción de una señal de radio reflejada en un obstáculo. **[D]**

1.5- RADIOAYUDAS A LA NAVEGACIÓN AÉREA**1.5.1- RADIOFARO NO DIRECCIONAL (NDB)**

La sigla NDB es la abreviatura en inglés de **Non Directional Beacons** que significa Radiofaro No direccional.

Estos radiofaros transmiten señales polarizadas en la banda de FM, que se emiten en todas direcciones, de donde les viene el nombre. Un avión que lleve un equipo de radiocompás correspondiente puede sintonizar una de tales estaciones en su frecuencia publicada y medir la dirección de que proceden las ondas recibidas. La orientación o medida de la dirección de procedencia de las ondas se toma desde la nariz del avión y por eso el radiocompás da orientaciones relativas.

En el avión se usa una antena de cuadro (figura 1.2) para determinar la dirección del transmisor terrestre. Se trata de una antena de forma rectangular, constituida por un cierto número de espiras de hilo (para conseguir la longitud ideal de la antena) que rodea un bastidor, montada verticalmente en el lugar más apropiado del fuselaje. La antena puede ser giratoria o fija, según el tipo de equipo.



Figura 1.2- ANTENA DE CUADRO

Es la radiogoniometría la técnica que se aplica en éstos sistemas y la antena de cuadro el fundamento de su empleo. La antena direccional recibe un máximo de señal desde tierra cuando su plano está situado paralelo a la dirección de propagación del campo electromagnético, generado por la estación emisora. Conforme la antena va girando desde su posición paralela a la propagación de las ondas, disminuye gradualmente la intensidad de las líneas de flujo que llegan a ella, llegándose a alcanzar un mínimo de señal en la recepción cuando la antena se encuentra perpendicular a la dirección de propagación del campo electromagnético, emitido por la estación de tierra.

La antena de cuadro en su giro de 360° , recibirá dos máximos y dos mínimos de señal con lo que será posible determinar la dirección de llegada de las ondas de radio, ó lo que es lo mismo la dirección en la que se encuentra la estación. Sin embargo, el sistema no será capaz de determinar el sentido.

Los radiofaros NDB pertenecen a los sistemas de baja frecuencia pudiéndose la siguiente clasificación en base al uso que se les da:

- Entre 100 y 200 Khz son de uso marino
- Entre 200 y 410 Khz son de uso en aviación.
- Entre 410 y 850 Khz son de uso marino.
- Entre 850 y 1750 Khz son usados por estaciones de radiodifusión comercial, siendo utilizados por la aviación conjuntamente como NDB de ruta. [13]

1.5.1.1- Equipo de tierra

El equipo de tierra es un transmisor convencional de media frecuencia que funciona a una frecuencia en la banda de 200 KHz a 500 KHz, que emite una portadora ininterrumpida modulada en intervalos regulares por un tono de 400 Hz ó 1020 Hz, acoplado a las letras de identificación de la estación, es decir, da el indicativo de la radiobaliza en el código internacional Morse.

Para asegurar la máxima inteligibilidad se mantiene al máximo la intensidad de la modulación aunque la intensidad de modulación posible no siempre queda determinada por el propio transmisor. Frecuentemente, los radiofaros de corto alcance usan antenas cortas y, por lo tanto, altamente reactivas y con tendencia a sintonizar muy agudamente.

Para asegurar servicio ininterrumpido, normalmente se instalan dos transmisores en cada radiofaro. También se incluyen un sistema monitor que analiza la señal RF en intensidad de señal y de modulación. Si ambas cayeran por debajo de límites predeterminados (normalmente 3 dB) se iniciaría una secuencia de cambio cerrando el transmisor en funcionamiento y restableciendo el servicio mediante el equipo de reserva.

- ANTENA

A las frecuencias que se usan en el servicio de radiofaros, las longitudes de onda varían entre 1500 m (200 KHz) y 600 m (500 KHz), de modo que, generalmente, no se puede levantar una antena que se aproxime a una longitud resonante. Se recurre por tanto al levantamiento de una antena de longitud conveniente insertando inductancias y capacidades adicionales para conseguir la resonancia. Este proceso se conoce como "carga".

Las típicas antenas varían desde antenas en "T" (figura 1.3) de 25 m de altura y 50 m de longitud para radiofaros de largo alcance, a torres de 10 m aisladas de tierra y antenas "whip" que

varían desde 10 a 20 m de longitud. Recientes diseños de este último tipo de antenas incluyen una sección aislada aproximadamente en el punto medio, sobre la que se conecta una bobina de carga adicional; esto da lugar a un aumento apreciable en el rendimiento. [7]

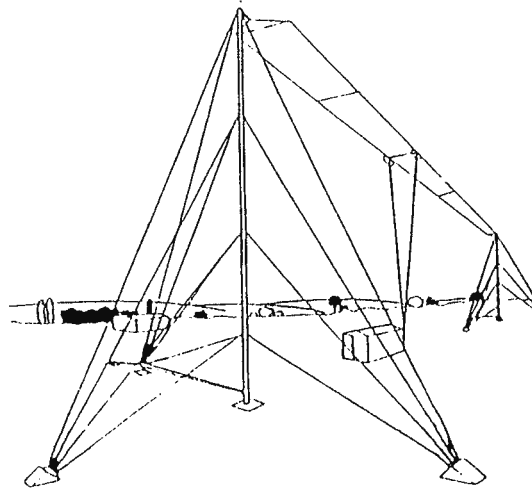


Figura 1.3- SISTEMA DE ANTENA EN "T" DEL NDB

1.5.1.2- Equipo de a bordo

El equipo de a bordo se conoce universalmente como radio compás automático ó más abreviadamente como ADF (Automatic Directional Finder), siendo su complemento terrestre el transmisor NDB del cual procede la energía electromagnética. Este sistema esta basado, en la determinación de la dirección de procedencia de la energía recibida en un punto del espacio aéreo, mediante un equipo receptor de carácter orientable respecto de una orientación determinada.

Existen dos tipos de indicadores de radiocompás: **el de carátula fija y el de carátula móvil** o **RMI (RADIO MAGNETIC INDICATOR)**, muestran la posición angular de la antena de cuadro en relación con el eje longitudinal del avión. El indicador de carátula fija, consta de una rosa de vientos graduados en grados, a partir de 0° , las divisiones van rotuladas. Así sobre el índice correspondiente a 30° va grabado el número 3. En éstas rotulaciones nunca se graba el último cero de la cifra; la división correspondiente a 330° por ejemplo, se representará por la cifra 33.

En la figura 1.4 se pueden observar dos tipos de instrumentos utilizados en los aviones como indicadores de estaciones NDB. Los errores propios del ADF son de diversa naturaleza, siendo los principales los debidos a la propagación y polarización no lineales, así como a las reflexiones ionosféricas. Otras causas de error son la estructura metálica de la nave y la escasa abertura de la antena de cuadro.

La influencia del viento produce además, una desviación lateral llamada **DERIVA** respecto de la trayectoria definida; esto último ha sido el causante de innumerables accidentes contra sitios montañosos. Naturalmente esta desviación lateral obliga a separaciones laterales de seguridad y consecuentemente a una ocupación adicional de espacio aéreo por parte de cada nave, reduciendo con esto la capacidad de circulación. [E]

1.5.1.3 Cobertura y potencia

La cobertura nominal del NDB es del valor de 15dB, pero no inferior a 10dB especificada en el anexo 10 (OACI). Esta protección tiene en cuenta el ruido atmosférico medio en la zona geográfica considerada, pero no la presencia de ondas celestes en la noche. La cobertura prevista de una NDB depende de la frecuencia, la potencia de transmisión y la conductibilidad del trayecto hasta el límite de la cobertura.

Estos tres factores que son medibles, permiten a los planificadores establecer los dispositivos para controlar la potencia de salida y las frecuencias asignadas. La intensidad de campo mínima (OACI recomienda $70\mu\text{V/m}$ en Europa) tiene que ser recibida perfectamente en los límites. Las frecuencias asignadas por OACI son de 200kHz a 1750 KHz. [13]

La potencia de salida del equipo depende del alcance que se requiera para el funcionamiento del servicio. Un NDB de aerovía puede enviar varios Kilovatios a una antena de

alto rendimiento para obtener un alcance de más de 200 millas, mientras que para un radiofaro de localización pueden considerarse suficientes 10 vatios conducidos a una antena de 10 m para un área de servicio de 10 millas. La intensidad de campo que se solicita de una baliza en el límite de su cobertura depende mucho del nivel de ruido presente en el área implicada. Cuando se ha determinado el nivel de potencia requerido para llevar a cabo la cobertura necesaria, la reglamentación de la OACI estima que el nivel de potencia de la radiobaliza no lo exceda en más de 2 dB. [7]

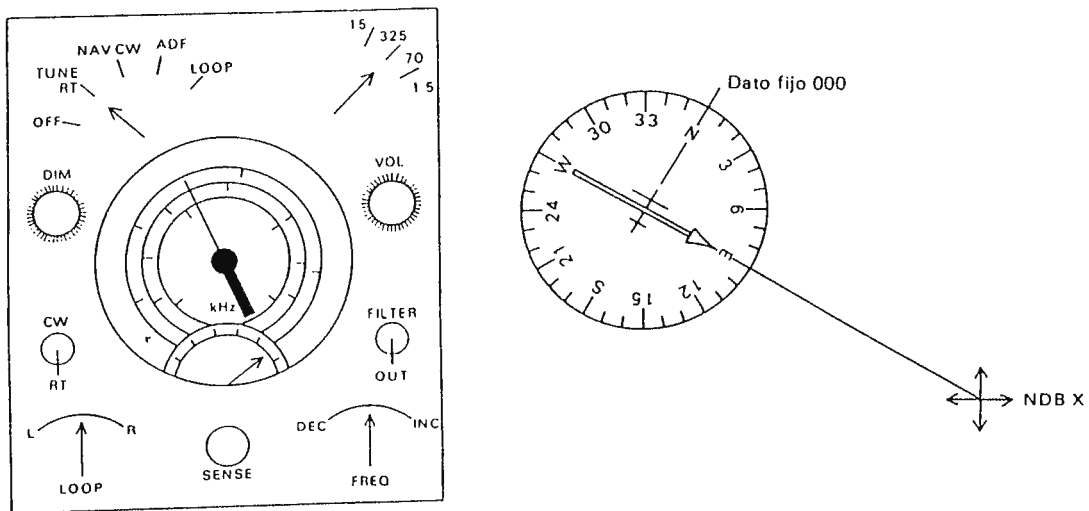


Figura 1.4- INDICADORES DE A BORDO DE ESTACIONES NDB



FIGURA 1.5- CASETA DEL EQUIPO NDB

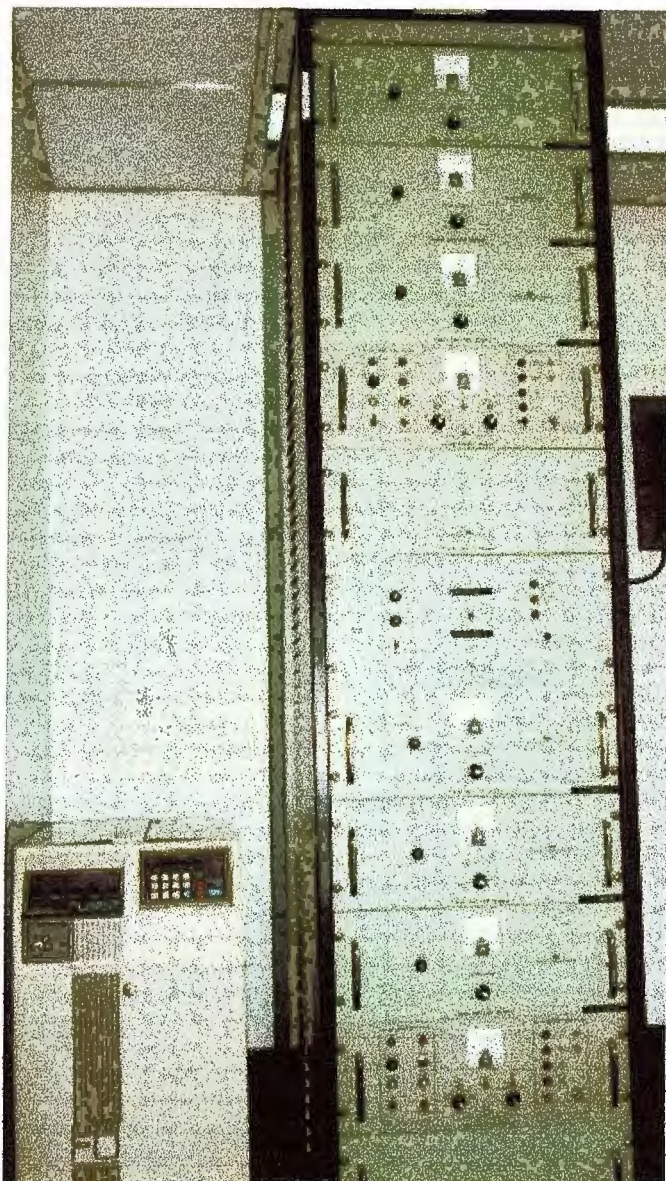


FIGURA 1.6- EQUIPO N D B

1.5.2- RADIOFARO OMNIDIRECCIONAL DE VHF (VOR)

El VOR produce teóricamente un número infinito de pistas, carece de estáticos y no queda afectado por el efecto nocturno. Por consiguiente, podría usarse tranquilamente en cualquier hora del día. Las indicaciones se dan en función de desviación a la izquierda o la derecha de la pista elegida. Cuando la frecuencia está emparejada con el equipo medidor de distancia (DME), la información de distancia y rumbo produce situaciones instantáneas.

1.5.2.1- Principio de funcionamiento

El principio del VOR es la medida de orientaciones por comparación de fases. Se recordará que una transmisión NDB es omnidireccional, que la antena de cuadro convierte en direccional. Un transmisor VOR hace este trabajo en tierra y el receptor de a bordo obtiene una información direccional. La estación de tierra transmite dos señales separadas, como sigue:

- Señal de referencia

Es una transmisión de onda omnidireccional, en la frecuencia asignada a la estación, que lleva una subportadora de 9960 Hz, modulada en frecuencia con 30 Hz. Por tratarse de una radiación omnidireccional, su gráfico polar es un círculo, lo que significa que a una distancia dada del transmisor se detectará la misma fase en un receptor de a bordo, sea cual sea su orientación.

Se observará en la figura 1.7 que el patrón de fases producido es independiente de la orientación del avión respecto a la estación. En el receptor, la componente de 30Hz de la transmisión se aprovecha como referencia (dato), con el fin de medir la diferencia de fase.

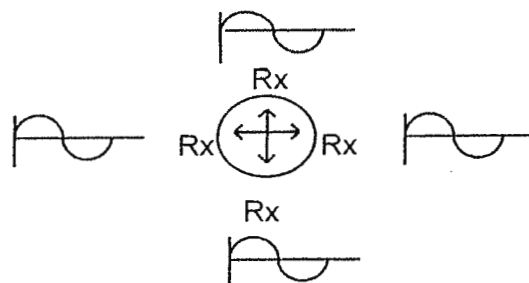


Figura 1.7 - SEÑAL DE REFERENCIA: LA MISMA FASE EN TODAS LAS DIRECCIONES

- Señal variable o direccional

Se transmite también con la frecuencia de la estación y el patrón radiado produce un gráfico polar octoide rotativo. Haciéndola girar 30 veces por segundo, la señal adquiere el carácter de una modulación de amplitud de 30 Hz. Esto significa simplemente que la señal recibida subirá un máximo y bajará hasta cero, 30 veces cada segundo.

- Extracción de la diferencia de fase

Combinando la señal de referencia con la direccional se obtiene una curva cardiode giratoria. Pero de modo distinto a la cardiode de una antena de cuadro ADF, la del VOR carece de punto cero hablando estrictamente, y por eso se le llama "de caracol" (figura 1.8). Esta ausencia de cero se arregla en el transmisor ajustando la razón de potencia entre señales de referencia y variable. La intensidad de campo resultante se encuentra en la razones de 4:1:4:1 en los cuatro puntos cardinales.

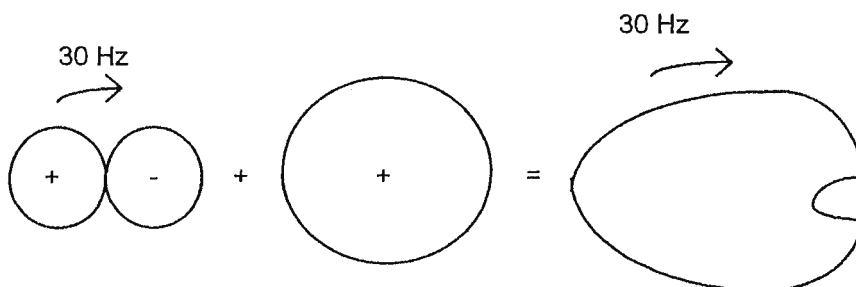


Figura 1.8- EXTRACCIÓN DE LA DIFERENCIA DE FASE

En la figura 1.9 se indican receptores colocados en estos puntos, que reciben señales cuya intensidad de campo se encuentran en esas razones, y en la figura 1.10, al trazar las amplitudes de la señal recibida en un eje de tiempo para las cuatro posiciones del receptor queda puesto de manifiesto el carácter direccional de las señales.

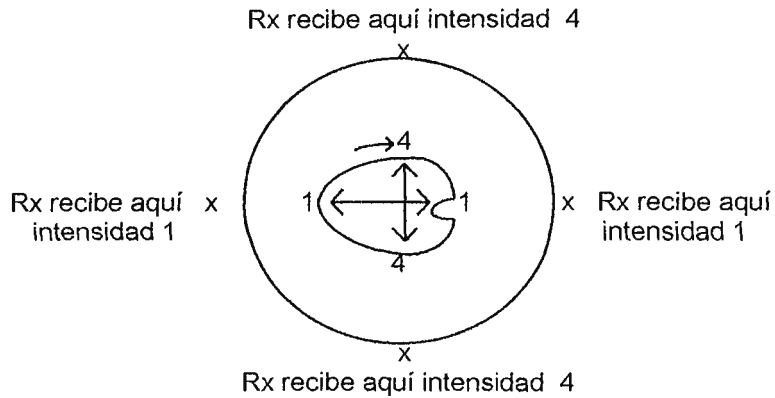


Figura 1.9 - RECEPTORES EN LOS PUNTOS CARDINALES

Ahora tenemos dos señales en el receptor: la referencia, que produce una fase constante, tal como se indica en la figura 1.7, y la variable, que da una fase dependiente de la orientación, como se ve en la figura 1.10. Se observa en la figura 1.11 cómo la comparación entre las dos proporciona la dirección en el receptor. También se notará que el receptor situado al norte de la estación recibe las dos señales con la misma fase, por lo que la diferencia entre ambas es cero.

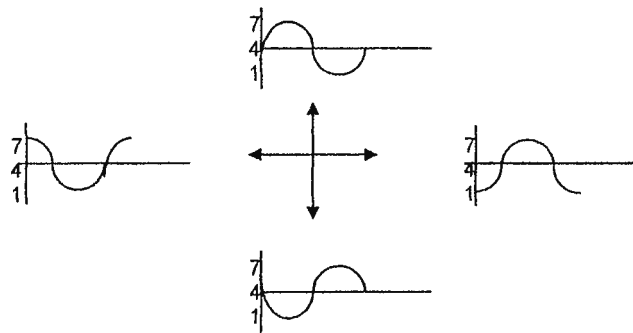


Figura 1.10- CARÁCTER DIRECCIONAL DE LAS SEÑALES

Esto se ha dispuesto así deliberadamente, para que esta diferencia cero coincida con el norte magnético de la estación, con lo que se tiene un dato de medida. De la figura 1.11 se deducirá que un avión situado en una dirección magnética de 090 recibe una diferencia de fase de 90° y que cuando esa dirección es 270 el desfase correspondiente es de 270° .

Por lo tanto, cuando se encuentre en un rumbo de 045, recibirá un desfase de 45° y si está en 227, ese desfase será de 227° , y así sucesivamente. Inversamente, si recibe un desfase de 329° su rumbo magnético desde la estación (QDR) es 329 y cuando recibe un desfase de 63° su rumbo o QDR será 063.

Por consiguiente, un transmisor VOR emite continuamente 360 pistas individuales. Orientadas desde el norte magnético a la estación (es decir, que se aplica la variación magnética de la estación) y las pistas radiadas desde ella se llaman "radiales". Ver figura 1.12.

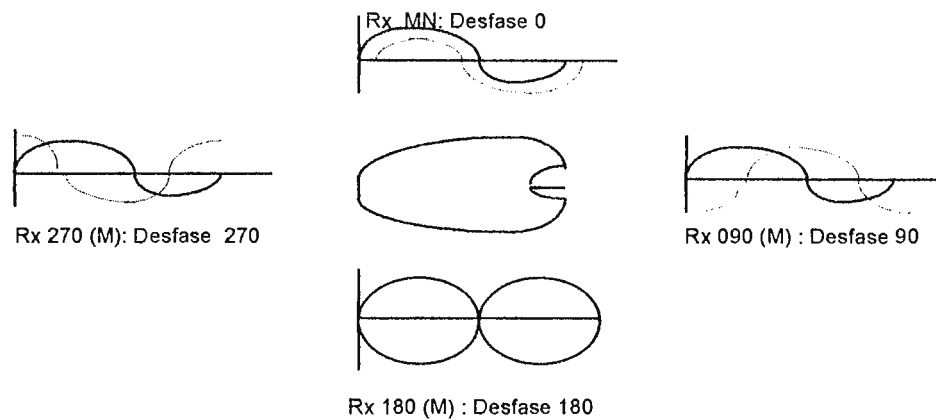


Figura 1.11- EJEMPLO DE DIRECCIÓN MAGNÉTICA DE AVIÓN

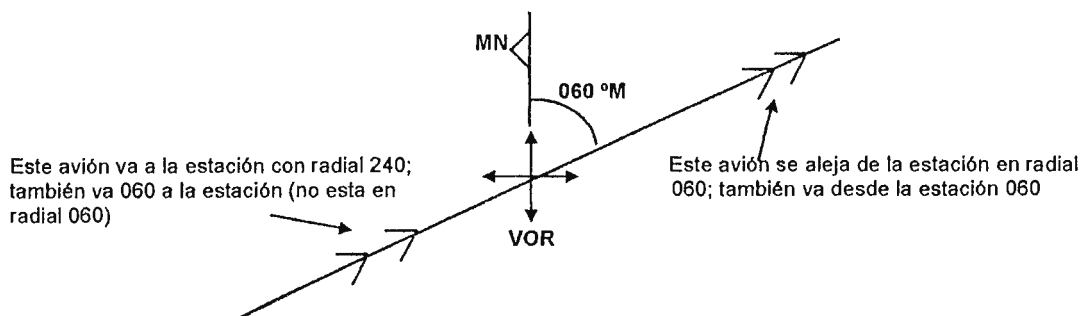


Figura 1.12- RADIALES VOR

1.5.2.2- Equipo de a bordo

El equipo básico de a bordo consta de una antena, un receptor y un indicador.

-Antena

Son dipolos pequeños horizontales, que pueden recibir señales polarizadas horizontalmente en la banda de frecuencias de 108 a 118 Mhz, deben instalarse de manera que produzcan una cobertura omnidireccional para señales de VOR, pero no reciban interferencias de la antena de VHF que trabaja en los canales de comunicaciones RT. Una antena VOR también acepta las señales del localizador ILS, que son de la misma banda de frecuencias.

- Receptor

Un receptor VOR compara las fases de las señales de referencia variable y el desfase resultante lo aplica en forma apropiada a los diversos componentes del indicador. Las dos señales se procesan a través de dos canales diferentes y sus portadoras se eliminan en etapas apropiadas. Una señal de referencia de 30 Hz, modulada en frecuencia, se convierte con un discriminador en otra de 30 Hz, modulada en amplitud (figura 1.13), que después se compara en fase con la variable de 30 Hz, también modulada en amplitud, en la unidad detectora de fase.

Si las dos señales están en fase, los circuitos quedan en equilibrio y el indicador marcará el rumbo correcto; si no lo están, se producirá una señal de error en el detector de fase, la cual activará el servomotor. Este va conectado a un circuito desplazador de fase por intermedio de un eje giratorio.

Al activarse, el servomotor hace girar el eje en un sentido o en el opuesto, con el fin de desplazar la fase. Cuando las dos se han hecho iguales en el detector de fase, la señal de error desaparece y el sistema queda en reposo. El giro angular del eje es la medida del desfase.

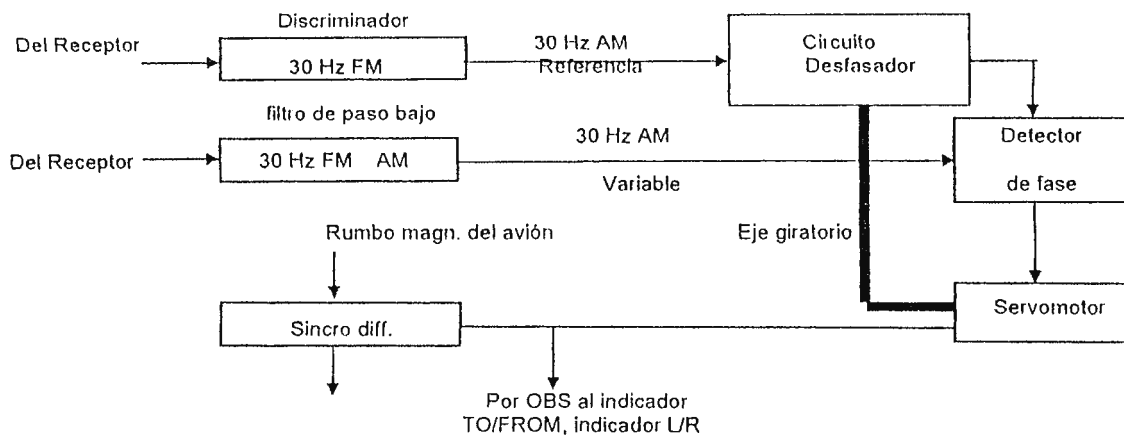


Figura 1.13- EQUIPO DE A BORDO

- Indicador

Consiste en tres componentes básicos, que pueden ir montados en una sola unidad o instalados por separado o en combinación. Estos tres componentes básicos son:

- (a) *Selector de omnidirección (OBS).*
- (b) *Indicador TO/FROM (hacia o desde).*
- (c) *Indicador de desviación LEFT/RIGHT (derecha/izquierda).*

En la figura 1.14 se muestran dos tipos de indicadores.

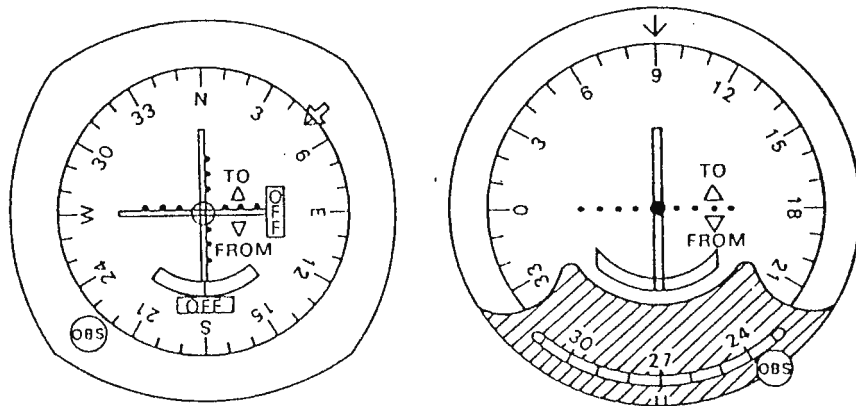


Figura 1.14- INDICADORES VOR

Indicador de aviso de fallo. Todos los indicadores utilizan un dispositivo que avisa al piloto en caso de que el sistema falle. Un indicador de fallo "OFF" será visible en la carátula del aparato en el caso de que ocurra alguno de los casos siguientes:

- (a) Avería del equipo receptor del avión;
- (b) Avería del equipo de la estación terrestre;
- (c) Avería del indicador;
- (d) Que las señales recibidas sean muy débiles o el avión esté fuera del alcance de la estación.

1.5.2.3- Frecuencias de VOR

Los equipos VOR funcionan en la banda de 108 a 117,95 MHz, distribuidas como sigue:

Banda de 108 a 112 MHz. Se trata en principio de una banda de frecuencias ILS, pero la OACI prescribe que puede compartirse con VOR si no está completa. Por eso, nominalmente esta banda está compartida entre los localizadores ILS y los VOR de "corto alcance" (terminal). El VOR usa frecuencias con decimales pares (108,2; 180,4; etc.), en tanto que ILS los decimales impares (108,1; 108,3; etc.).

Banda de 112 a 117.95 MHz. Vor (decimales pares e impares). La recomendación de la OACI de que la separación de frecuencias debe reducirse a 50 KHz ha sido aprobada por la CAA y las asignaciones futuras se basarán en esta separación. Entonces tendremos equipos VOR funcionando en frecuencias de 112,30; 112,35 y así sucesivamente, por ejemplo.

1.5.2.4- Factores que afectan a la exactitud

(a) **Error de situación.** El terreno irregular o desigual, los obstáculos físicos, etc., que halla en las proximidades del VOR afectan a la propagación direccional de su transmisor. La OACI ha establecido exigencias muy estrictas respecto a los contornos de los lugares, presencia de estructuras, árboles, cercas de alambre, etc. Incluso el crecimiento excesivo de la hierba puede

afectar a las señales. El error introducido en las direcciones radiadas por tales factores se llama error de desplazamiento de curso VOR”.

(b) Error de propagación. Las señales que salen del transmisor con una precisión de $\pm 1\%$ sufren impresiones ulteriores en su trayecto. El terreno desigual y otros detalles que afectan a las señales en el lugar de la estación siguen afectándolas en su camino hasta el receptor.

(c) Error del equipo de a bordo El equipo de a bordo se necesita para traducir un desfase en cambio de dirección. La impresión se introduce en el proceso, y a ella aparta su contribución en indicador cuando le llegan finalmente las señales del cuadrante. Los tres errores anteriores en combinación se llaman errores agregados del VOR. Los mencionados en (a) y (b) se deben a la propagación terrestre, en tanto que los de (c) los son al equipo de bordo.

(d) Error de pilotaje. A medida que se acercan a la estación VOR, la intensidad de la señal crece rápidamente y los radiales se juntan. La aguja se hace sensible a desviaciones muy pequeñas y el piloto se ve imposibilitado de mantener el avión exactamente en el radial. De todos modos, como en esta etapa las radiales están muy cerca unas de otras, el desplazamiento lateral del avión desde su trayecto previsto es pequeño.

(e) Error de interferencia. Se trata de un error evitable, que afecta a los indicadores cuando se utiliza un VOR fuera de DOC o cuando está debajo de la altitud correspondiente a la línea de visión. En este último caso, si las señales se reciben, es obvio que han de ser señales débiles, que lleguen al receptor como consecuencia de reflexiones y otros efectos de dispersión. La precisión global de la información presentada es de $\pm 5^\circ$. En el peor de los casos, debido a otros errores variables al azar, puede llegar a ser de $\pm 7,5^\circ$.



FIGURA 1.15- SHELTER DEL EQUIPO VOR/DME

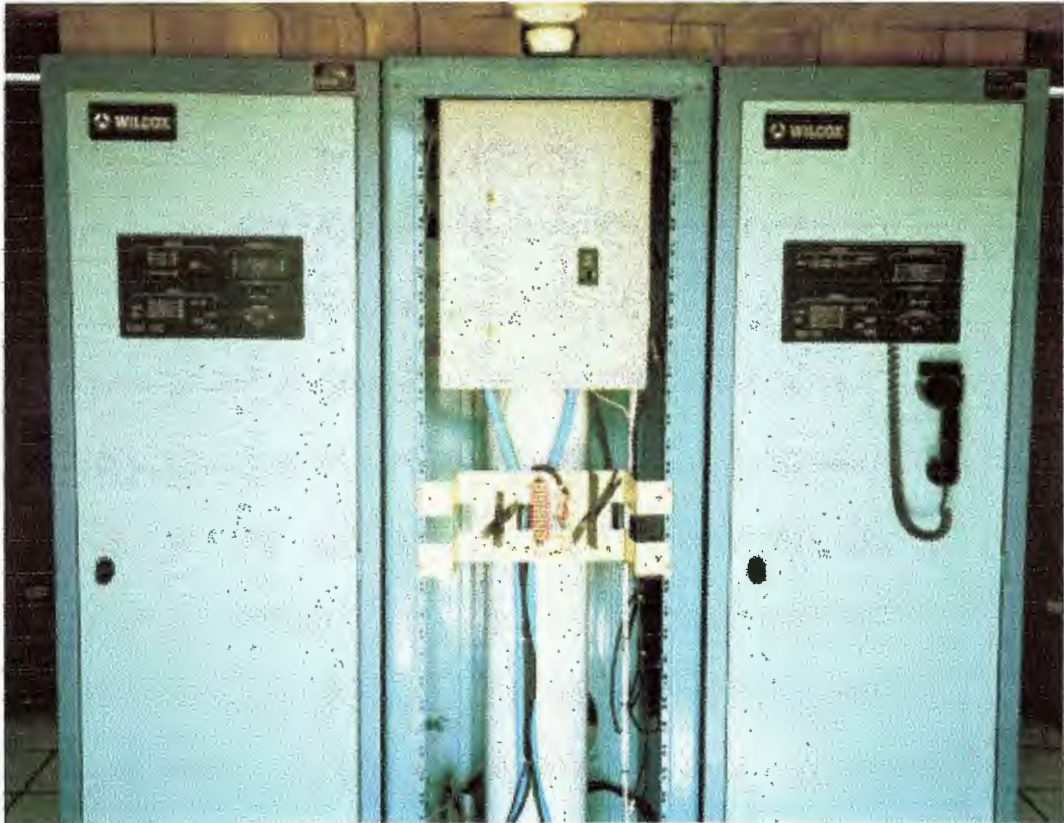


FIGURA 1.16- EQUIPO VOR / DME

1.5.2.5- Ventajas del VOR como ayuda a la navegación

- (a) En comparación con el sistema al que sustituye (NDB), el VOR da indicaciones en una forma fácil de ver y seguir.
- (b) Por tratarse de un elemento de VHF, sus alcances pueden preverse antes de instalar los radiofaros, evitando así las interferencias.
- (c) Su Indicador izquierda-derecha también puede presentar señales ILS.
- (d) Puede emparejarse en frecuencia con DME para dar situaciones.
- (e) Incorpora un dispositivo de aviso contra fallos del equipo.
- (f) Su separación entre canales es mejor que la de NDB.
- (g) Por estar en la banda de VHF, su antena es menor.

1.5.2.6- Inconvenientes del VOR como ayuda a la navegación

- (a) Sus indicaciones izquierda-derecha no apuntan a la baliza; por eso, para conseguir una indicación continua de QDM hay que usar un RMI.
- (b) Sólo se dispone de líneas de posición.
- (c) Los obstáculos elevados, naturales o artificiales, pueden obstruir, reflejar o atenuar las señales.
- (d) Para cubrir una región grande se necesitan muchas balizas.
- (e) Sólo tiene alcance óptico.

1.5.2.7- VOR de efecto Doppler

Los VOR de efecto Doppler son equipos de segunda generación, cuyo objetivo principal ha sido el de mejorar la precisión de las señales. Los transmisores clásicos sufren las reflexiones en los objetos situados en las proximidades de la instalación. Se ha encontrado que los errores debidos a aquellas podrían reducirse si las dimensiones horizontales del sistema de antena se aumentasen. Pero esto no podía conseguirse con el método de transmisión habitual y hubo que recurrir a otro.

En el DVOR (VOR de efecto Doppler) la señal de referencia (o de fase constante) se transmite desde una antena central y está modulada en amplitud. La señal variable se transmite desde un sistema de 50 antenas que rodea a la central y está modulada en frecuencia. Por consiguiente, las modulaciones se utilizan con fines opuestos.

La propagación resultante es mucho menos sensible a las obstrucciones existentes en sus proximidades. Por lo demás, las frecuencias de transmisión son las mismas, el mismo equipo de bordo puede recibir y procesar las señales y, por cuanto al funcionamiento en vuelo, no hay diferencia alguna. [13]

1.5.3- SISTEMA DE ATERRIZAJE CON INSTRUMENTOS (ILS)

EL ILS es una ayuda de aproximación a la pista interpretada por el piloto, el sistema le da al piloto instrucciones visuales que lo ayudan para llevar el avión en un trayecto predeterminado hasta el umbral de la pista servida por el sistema. En la práctica, el piloto desciende hasta su altura de decisión o crítica y a continuación, mediante referencia visual, toma su decisión final de aterrizar o elevarse.

1.5.3.1- COMPOSICIÓN DEL SISTEMA

La instalación terrestre de ILS consta de los tres componentes siguientes:

- (a) Transmisor localizador, junto con su sistema de antena. Este transmisor suministra guías en azimut a lo largo de la línea central de la pista prolongada.
- (b) Transmisor de trayecto de bajada, junto con su sistema de antena, que proporciona guía de aproximación en el plano vertical.
- (c) Dos o tres balizas de marcación, cada una de ellas con su propia antena. Dan puntos de referencia de distancia. En la figura 1.17 se da un esquema del sistema de tierra.

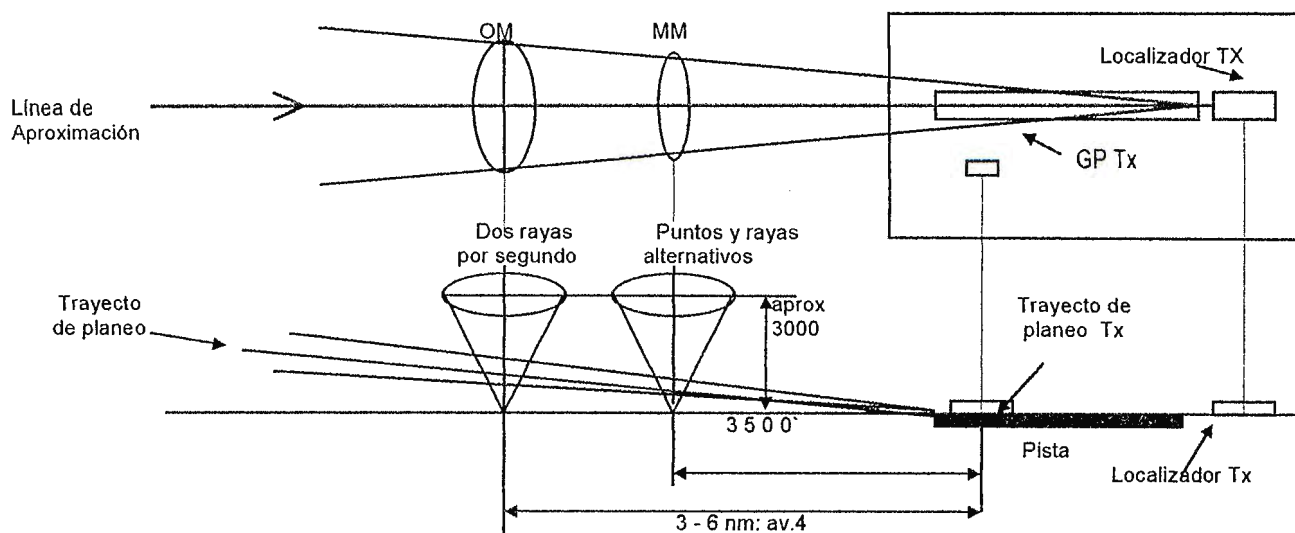


Figura 1.17- ESQUEMA DEL SISTEMA DE TIERRA.

Con este sistema las transmisiones de tierra son continuas y no se necesita ayuda desde el suelo. La pista de aterrizaje servida por el ILS se llama ***“Pista con instrumento de precisión”***.

1.5.3.2- TRANSMISOR LOCALIZADOR

Las señales de radio transmitidas por la antena del localizador producen un gráfico de campo compuesto a lo largo de la dirección de aproximación, que consisten en dos bucles que se superponen parcialmente. La antena transmisora está alineada con la línea central de la pista, aproximadamente a 300 m del extremo contra el viento.

El lóbulo de la derecha de la pista, tal como la ve el piloto al hacer la aproximación, va modulado por una señal de 150 Hz y el sector que forma se llama “azul” (figura 1.18); el lóbulo de la izquierda está modulado con una nota de 90 Hz y el sector por él formado se llama “amarillo”.

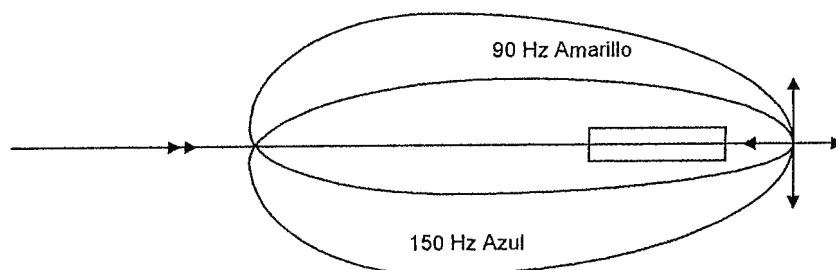


Figura 1.18- LOBULOS AMARILLO (90Hz)Y AZUL (150 Hz).

Un avión que se aproxime a la pista en la dirección de aterrizaje detectará más de la nota de modulación de 90 Hz y relativamente menos de la de 150Hz si se encuentra a la **izquierda** de la línea central. Este exceso de modulación de 90 Hz(DDM: diferencia de profundidad de modulación) activará la aguja vertical del medidor ILS (o el indicador VOR/ILS) para que marque un giro a la derecha.

De modo similar, un avión que vuele un poco desviado a la derecha de la línea central tendrá un exceso de nota de modulación de 150 Hz y la aguja indicará un giro a la izquierda. **La línea a lo largo de la cual el DDM sea 0 define la central de la pista.** Cuando se vuele a lo largo de esa línea no habrá desviación alguna de la aguja, lo que significa que el avión se encuentra sobre la línea central.

1.5.3.3- Cobertura del localizador- cat. I

La cobertura del localizador abarca desde el transmisor hasta 25 mn, 10° a cada lado de la línea central; pero se abre hasta 35° desde el centro de la línea a una distancia de 17MN (figura 1.19). Estas dimensiones pueden reducirse cuando haga falta por razones topográficas la cobertura vertical en la zonas ya descritas es de 7°.

Si la línea central del localizador se emplea con fines de navegación (por ejemplo, para tomar una línea de posición) hay que tener en cuenta que la señales del localizador están protegidas contra interferencia hasta una distancia de 25MN a una altura de 6.250 pies a lo largo de la línea de curso. En cuanto a la precisión, están comprobadas hasta 10MN.

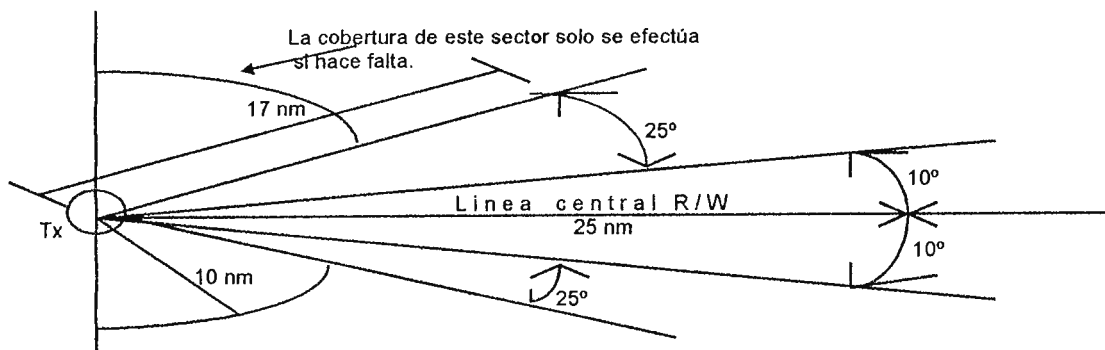


Figura 1.19- COBERTURA DE LOCALIZADOR

1.5.3.4- El transmisor de trayecto de descenso

De modo ideal, este transmisor y su antena deben estar situados en un lado de la pista, aproximadamente a 150m de la línea central, 300m contra el viento desde el umbral. La transmisión se concentra en el plano vertical en dos lóbulos similares a los del localizador: el superior tiene una modulación de 90Hz; el inferior, 150Hz. La línea según la cual las dos modulaciones son iguales en profundidad define la central del trayecto de bajada. Por lo general se encuentra a 3° de la horizontal, pero podría ajustarse entre 2° y 4° para adaptarse a las condiciones locales (figura 1.20).

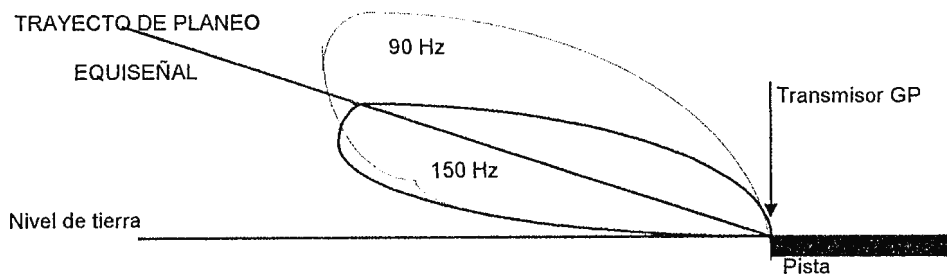


Figura 1.20- GRÁFICO DE RADIACIÓN DE PENDIENTE DE PLANEEO.

1.5.3.5- Indicaciones del localizador

La aguja vertical se usa para las indicaciones del localizador e informa de cómo se ha de girar, a la vez que la escala de desviación horizontal proporciona una estimación del desplazamiento angular desde la línea central. Los sectores colorados de la parte inferior les dirán en que sector se encuentran. Ver figura 1.21.

El avión A está en el sector azul y la aguja indica giro a la izquierda. El avión B está también en el sector azul y la aguja indica giro a la izquierda.

De este modo, la indicación se da de acuerdo con el sector en que se encuentra el avión, no según su rumbo. En este caso, el avión está a la derecha de la línea central y en rumbo recíproco, por lo que habremos de invertir la indicación.

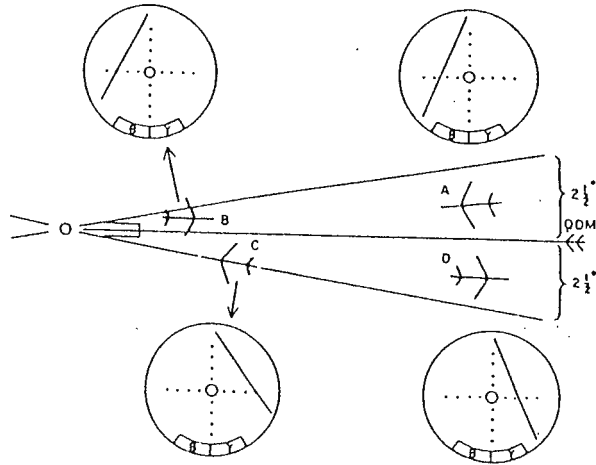


Figura 1.21- INDICACIONES DEL LOCALIZADOR

1.5.3.6- Indicaciones del trayecto de descenso

La aguja horizontal se emplea con la transmisiones del trayecto de bajada. Si el avión por debajo de dicho trayecto, la aguja se desplaza hacia arriba, indicando con ellos que aquel deberá subir hasta alcanzar la pendiente de aproximación.

Esta indicación se producirá con independencia del rumbo, es decir, con el avión en QDM o QDR. Por eso, un avión que despegue y quiera subir siguiendo esa pendiente deberá obedecer a la aguja. Si un avión (saliendo o entrando) se encuentra por encima del trayecto en cuestión, la aguja se desplazará hacia abajo, lo que le indicará al piloto que ha de bajar (figura 1.22). La desviación total de la aguja se producirá cuando el avión esté a 0.7° o más por encima o por debajo del trayecto.

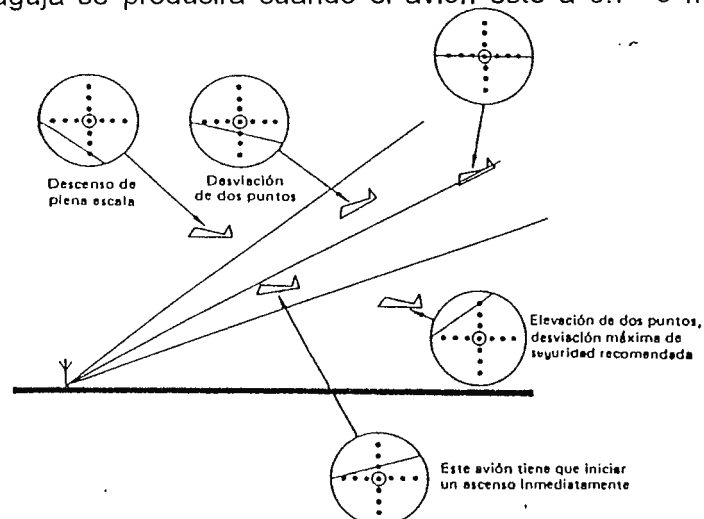


Figura 1.22- INDICACIONES DE TRAYECTO DE PLANEEO

1.5.3.7- Radiofaro de Marcación

Normalmente, a lo largo de la línea central prolongada se instalan dos y a veces tres radiofaros (o balizas), destinadas a dar indicaciones de aproximación. Esto permite al piloto comprobar su altura conforme va pasando por encima de cada marcador. Todos ellos transmiten en una sola frecuencia de 75 MHz y radian un gráfico de abanico hacia arriba hasta una altura calibrada de unos 3,000 pies.

El marcador que está más lejos del punto de contacto suele colocarse de 3 a 6 MN, con un promedio de 4 MN y se conoce con el nombre de "**Marcador EXTERIOR**". Transmite un tono bajo de 400 HZ (señal de modulación) y se identifica en morse y visualmente. Al cruzar el marcador, en los auriculares se escucha una serie de rayas con un ritmo de dos por segundo. Simultáneamente, el marcador *azul* se ilumina con destellos largos de igual duración y ritmo.

El siguiente marcador, llamado "**CENTRAL**", colocado a unos 3,500 pies del punto de contacto, transmite una serie de puntos y rayas alternos, que también se ven en la luz *ámbar* del marcador. Por último, el situado en la cabecera de la pista, llamado "**INTERIOR**", transmite seis puntos de tono alto por segundo (300 HZ) y se ilumina la luz blanca. Al instalarlo se coloca entre 250 y 1,500 pies. De este modo, los marcadores quedan identificados de tres formas: por señales audibles, por señales visuales y por el tono transmitido.

1.5.3.8- Equipo de a bordo

El equipo de a bordo consta de: Una caja de control del canal, un receptor de localizador, de VHF, un receptor de trayecto de bajada, de UHF, receptor de marcador, de 75 Mhz, un medidor de ILS o indicador VOR/ILS y tres antenas separadas para los receptores. En la figura 1.23 se da un esquema de bloques de equipo de a bordo.

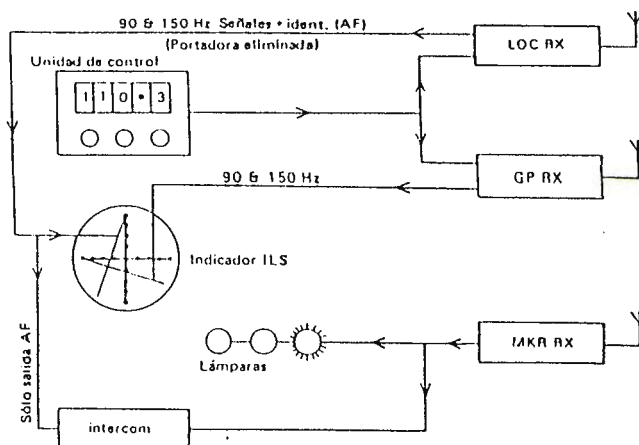


Figura 1.23- EQUIPO DE A BORDO

1.5.3.9- Frecuencias:

Localizador : Las frecuencias asignadas al ILS en la banda de VHF son 108 a 112 MHz, con decimales impares, es decir, 108,1; 109,3; etc.

Trayecto de bajada: La transmisión se efectúa en la banda de UHF, en 20 puntos de frecuencias desde 329,3 a 335 MHz, con separación de 300 KHz. Por ejemplo, 329,3; 329,6; 329,9; etc. El empleo de la UHF se debe a la necesidad de conseguir haces más precisos. En lo futuro, la separación de los canales de trayectos de bajada se reducirá de 300 a 150 KHz.

Emparejamiento de frecuencias. Las transmisiones del localizador y el trayecto de bajada suelen emparejarse a veces, lo que significa que cada una de las frecuencias de los veinte puntos localizadores hay una frecuencia de trayecto de bajada asignada. Por ejemplo, la frecuencia de 109,3 está emparejada con la 332,9.

Las ventajas de estos pares de frecuencia son:

- Se activan dos receptores con un solo interruptor, lo que reduce el trabajo.
- La selección de frecuencias es más rápida y fácil. No hay que buscar la frecuencia del trayecto de bajada en los documentos de información de vuelo.
- Se activan los errores probables de selección de frecuencia.
- No se necesita identificación separada.

1.5.3.10- Identificación

La identificación se efectúa en la transmisión del localizador. Su portadora está modulada en amplitud por un tono de 1.020 Hz, polarizada horizontalmente, en la que se inscribe la identificación. El indicativo consta de dos o tres letras de morse, emitidas con una velocidad de siete palabras por minuto. Cuando haga falta distinguir un ILS rápidamente de otros elementos, el indicativo puede ir precedido de la letra "I". Y como el localizador es el que lleva el indicativo, si se avería o se deja fuera de servicio por alguna causa, la identificación se suprime automáticamente.

1.5.3.11- Categorías de ILS

Estas categorías se llaman "**categorías de funcionamiento de la instalación ILS**" y se definen como sigue:

- **Categoría I:** - ILS capaz de proporcionar una guía precisa desde el límite de cobertura hasta una altura de 200 pies por encima del punto de referencia ILS.
- **Categoría II:** - ILS capaz de proporcionar una guía precisa desde el límite de cobertura hasta una altura de 50 pies por encima del punto de referencia ILS.
- **Categoría III:** ILS capaz de proporcionar una guía precisa desde el límite de cobertura hasta la superficie de la pista.

1.5.3.12- Limitaciones del ILS

(a) Pueden producirse flexiones impredecibles de los haces del localizador y del trayecto de bajada. El piloto tiene que estar siempre alerta, sobre todo cuando se hace un aterrizaje completamente automático. Tal es la razón de la prescripción de que la deflexión a plena escala es la máxima segura por debajo del trayecto de bajada.

(b) Es un equipo estacionario y fijo, que no se puede trasladar de pista a pista. Por eso hay pocas que lo poseen.

(c) Por razones de interferencia y con objeto de reducirla al mínimo, el ritmo de los aterrizajes se mantienen bajo y también puede haber restricciones respecto al movimiento de vehículos en tierra. **[13]**



FIGURA 1.24- SHELTER Y EQUIPO ILS

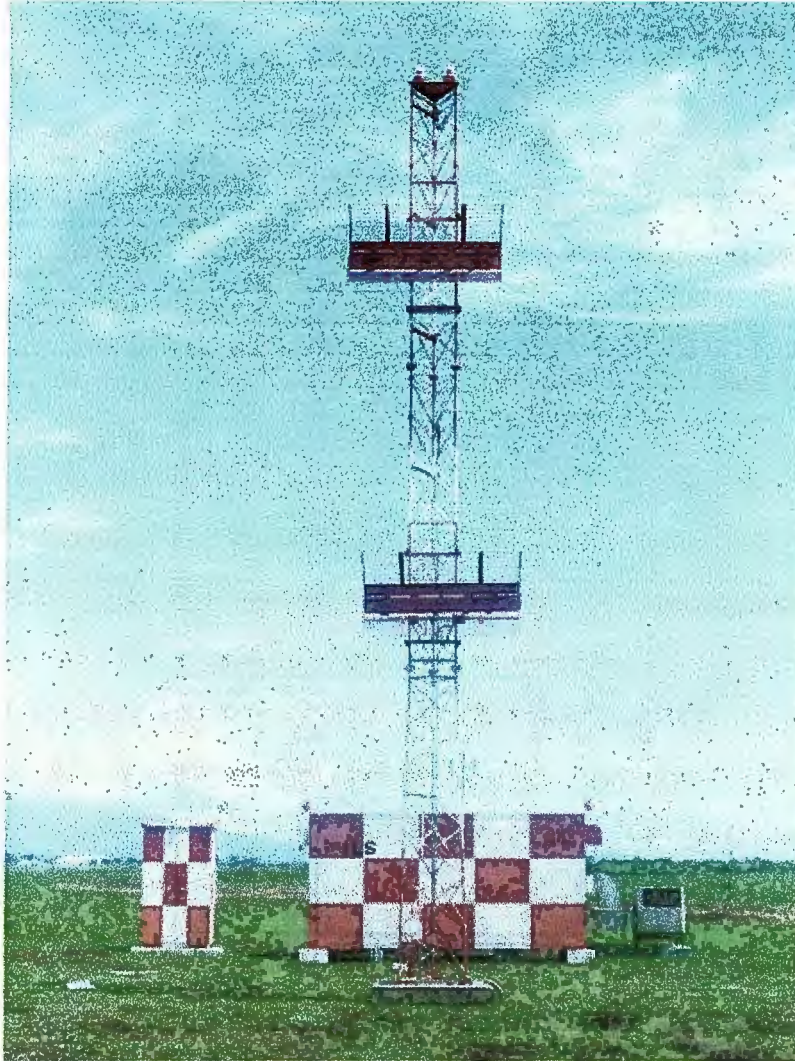


FIGURA 1.25- ANTENA GLIDE SLOPE DE ILS

1.5.4- EQUIPO MEDIDOR DE DISTANCIA (DME)

La sigla DME es la abreviatura en inglés de **D**istance **M**easure **E**quipment, que significa equipo medidor de distancia. Su finalidad es proporcionar al piloto de una aeronave su distancia con respecto a una estación en tierra.

En la navegación aérea el DME es usado junto con el VOR, comprendido el sistema RO-TETA (figura 1.26), donde teta es el azimut magnético dado por el VOR y RO es la distancia de la estación, dada por el DME. Este sistema permite al piloto determinar su posición exacta.

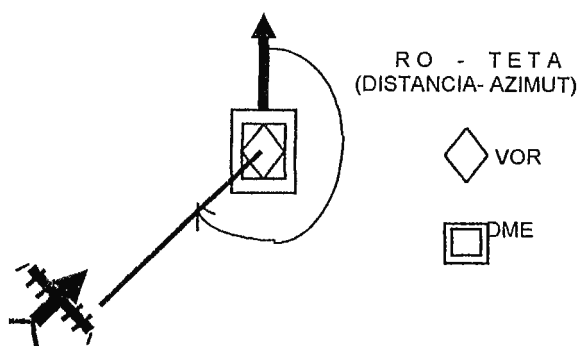


Figura 1.26 - SISTEMA R O - T E T A.

Otra aplicación del DME es el procedimiento de espera: el piloto es instruido para mantener una determinada distancia de la estación, en un determinado radial. Volando en este radial, una curva es hecha de manera que la distancia preestablecida es leída en el indicador de a bordo y cuando la aeronave se aparta lo suficiente de la estación, ella retorna entonces al radial.

El DME permite la ejecución de órbitas en torno a la estación de tierra. Volando y manteniendo una lectura constante de distancia, el piloto puede orbitar a un radio fijo de la estación, saliendo de un radial y entrando en otro, evitando por ejemplo, una área prohibida para el vuelo. Este procedimiento también es conocido ARCO DME. El DME puede ser usado para colocar la aeronave en aproximación final.

La aeronave vuela para la estación de tierra en un determinado radial, sobre vuela la estación y cambia para otro radial. Después de llegar a una distancia determinada, la aeronave ejecuta una curva, interceptando el localizador del ILS en el punto más apropiado.

1.5.4.1- Principio de funcionamiento.

El principio de funcionamiento del DME se basa en el tiempo gastado entre la emisión de un par de pulsos de interrogación y el recibimiento de un par de pulsos de respuesta. (Figura 1.27).

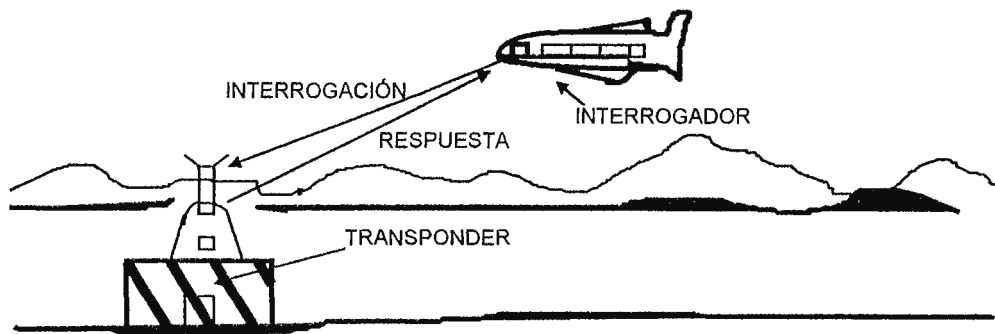


Figura 1.27- PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Para determinar la distancia de la aeronave a una estación en tierra, el equipo de a bordo(interrogador) emite continuamente pares de pulsos de ondas de radio que son respondidos por la estación de tierra (transponder). Es una estación diferente a la del radar primario en el cual la señal de retorno es el reflejo (eco) de las interrogaciones hechas por la estación de tierra.

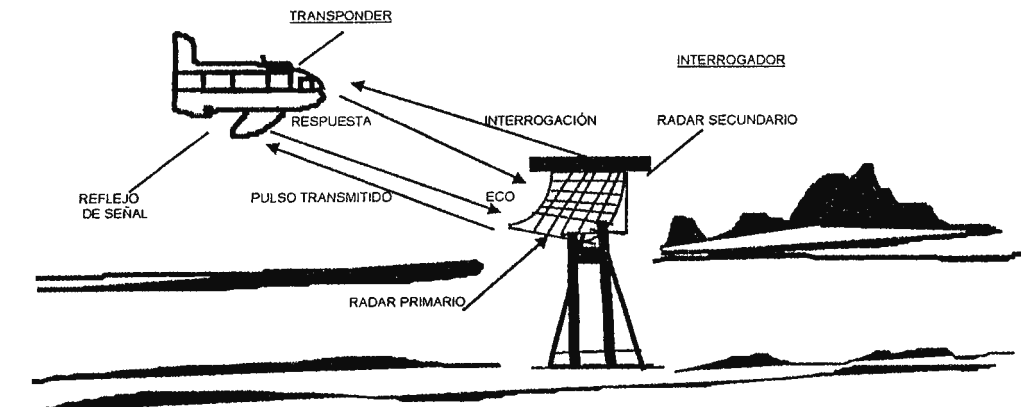


Figura 1.28- SEMEJANZA RADAR SECUNDARIO-DME.

El sistema DME se asemeja al radar secundario, que inclusive trabaja en la misma banda de frecuencias (Figura 1.28). Pero al contrario del DME, el interrogador del radar secundario esta en el suelo y el transponder a bordo de la aeronave. En las aeronaves que poseen los dos equipos (DME y Radar secundario) cuando uno de ellos transmite primero el otro es temporalmente apagado.

- Milla Radar

Como la velocidad de propagación de las ondas de radio en la atmósfera es constante, podemos definir una distancia por el tiempo que una señal de radio demora en recorrerla. Se define entonces, **Milla Radar** como el tiempo gastado por una señal de radio para recorrer una milla náutica ida y vuelta. De este modo la milla radar es equivalente a $12.359\mu\text{s}$. Recuerde que una milla náutica 1MN es equivalente a 1852 metros y que la velocidad de las ondas de radio en la atmósfera esta en torno de los 299,700 Km/seg.

- Retardo de la estación

La estación de tierra (transponder) no responde inmediatamente a la interrogación de la aeronave, habiendo un retardo de respuesta estandarizado de $50\mu\text{s}$ para estaciones DME del sistema RO-TETA, siendo que en las estaciones asociadas al ILS tal retardo puede variar de 35 a $50\mu\text{s}$.

Cálculo de la distancia

La distancia indicada en el display del equipo de a bordo es calculada tomando en cuenta el tiempo entre la emisión de una interrogación y el recibimiento de la respectiva respuesta, Así:

$$D \text{ (MN)} = \frac{\text{(tiempo de ida y vuelta de la señal)}\mu\text{S} - 50\mu\text{S}}{12.359\mu\text{s}}$$

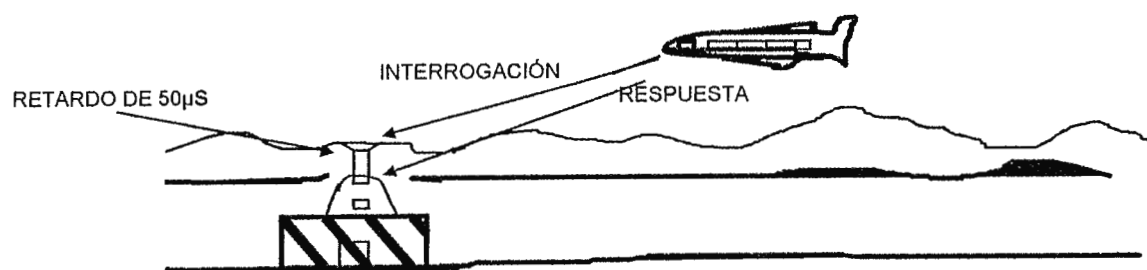


Figura 1.29- DETERMINACIÓN DE DISTANCIA

Es interesante notar que el DME proporciona la distancia inclinada entre la aeronave y el transponder. (Figura 1.29). La distancia real (distancia horizontal), que es la que interesa en términos de navegación, puede ser calculada: $d^2 = D^2 - (H-h)^2$

Donde: d = distancia real (horizontal);

D = distancia inclinada (SLANT RANGE);

H = altitud de la aeronave y h = altitud del transponder.

La diferencia entre la distancia inclinada y la real aumenta con la proximidad de la aeronave al transponder. En los equipos modernos la corrección puede ser hecha automáticamente a través de un computador que es continuamente alimentado con la información de altitud dada por el altímetro de a bordo. Ver figura 1.30.

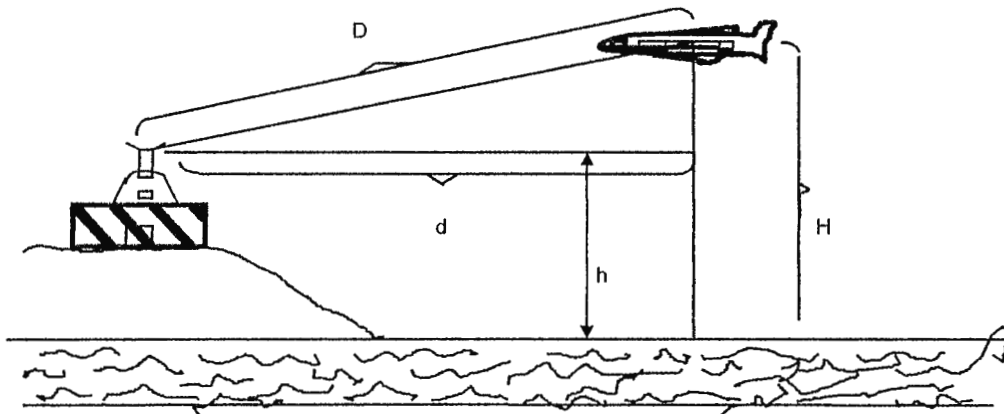


Figura 1.30- DISTANCIA REAL

1.5.4.2- Características del sistema DME

-Alcance: Operando en la banda de UHF el sistema DME queda restringido a la condición de visibilidad directa entre la aeronave (donde queda el interrogador) y la estación de tierra (transponder), para que exista contacto entre las partes. De este modo, el alcance ya sufre una limitación debido a la curvatura de la tierra. Habiendo refracción de la onda de radio en la atmósfera (lo que no es normal) el alcance es aumentado.

Otros factores que influyen en el alcance del DME: a)- **Potencia de los transmisores**, la potencia pico de los transmisores de a bordo varía de 50 W a 2 KW y de la estación de 1 KW a 20 KW;

b)- **Sensibilidad de los receptores** (tanto de a bordo como de tierra);

c)- **Altitud de la aeronave y de la estación de tierra.**

El alcance medio del sistema es de 200 MN, y en los sistemas modernos que utilizan grandes potencias y aeronaves que vuelan a grandes altitudes, el alcance puede llegar a 400 MN.

- **Frecuencia de operación**

La frecuencia de operación en la cual el equipo de a bordo interroga a la estación de tierra es diferente de la frecuencia a la cual el transpondedor envía sus respuestas a la aeronave. Esa diferencia es SIEMPRE de +/- 63mhz. Esto es, o las interrogaciones son hechas 63 MHz arriba de la frecuencia de las respuestas o las interrogaciones son hechas 63 MHz abajo de la frecuencia de las respuestas.

Esta característica facilita mucho la separación entre el transmisor y el receptor de los equipos durante la emisión de una interrogación o una respuesta. Por tanto, un canal DME está compuesto de un par de frecuencias, una de interrogación (aeronave) y otra de respuesta (transponder). Pueden ser usadas 252 estaciones DME. El ancho de banda de cada canal DME es de 1MHz.

- **Apareamiento de frecuencias**

Para facilidad de sintonizado de canales del DME por el piloto, cada canal posee una frecuencia VHF del VOR asociado. Así, lo que el piloto hace en la práctica es sintonizar una frecuencia de VHF del VOR en el sistema de a bordo y el canal DME asociado entra en operación automáticamente. Algunos canales del DME están asociados al VOR, otros con ILS y algunos se asocian a frecuencias que no son ni de uno ni de otro. Es evitado el uso de los canales DME que

operan en la banda del radar secundario, cuya frecuencias son 1030 MHz para interrogación y 1090 MHz para respuesta.

Peculiaridades del sistema DME

1- Formato del par de pulsos.

Lo ideal seria utilizar un par de pulsos rectangulares para modular la frecuencia de radio del DME. De este modo la determinación del inicio y fin del par de pulsos seria extremadamente precisa, tomando la indicación de distancia igualmente más precisa. Más desafortunadamente, el pulso rectangular es el que causa mayor número de armónicos de frecuencias, ocasionando grandes interferencias en los canales adyacentes. Un pulso que causa poca armónica es que tiene el formato de una curva de gauss, que por ser de difícil construcción, es aproximado en la práctica por un pulso coseno cuadrado llamada pseudo-gaussiano. Ver figura 1.31.

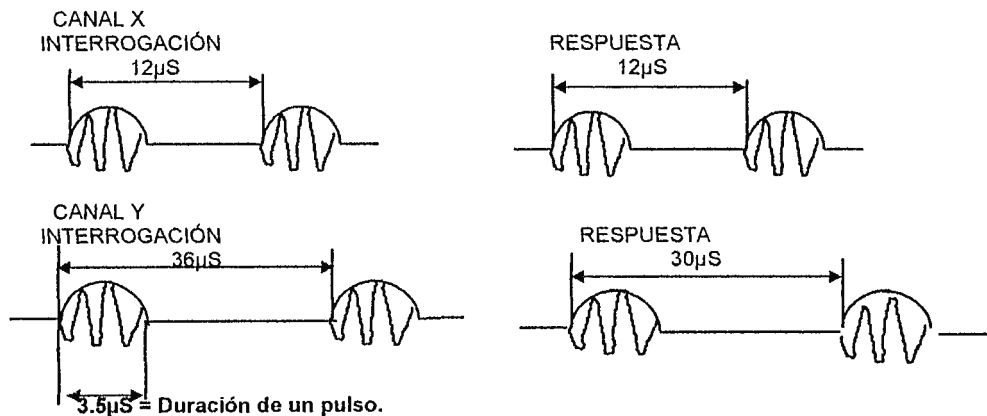


Figura 1.31- FORMATO Y CODIFICADO DE PAR DE PULSOS VALIDOS

2- Navegación de Área

La adición de una estación DME a un VOR amplia mucho las posibilidades para la navegación de área. Si una aeronave hiciera un vuelo sobrevolando las estaciones de VOR, ella ejecutaría una trayectoria en Zig-Zag, aumentando el tiempo de vuelo y el consumo de combustible del curso.

Pero si la aeronave utiliza además de la información de azimut dada por el VOR, la información de distancia dada por el DME, y a través de un tercer dispositivo de a bordo llamado computador de línea de curso (CLC), y combina estos datos, la estación VOR/DME puede ser proyectada en cualquier punto alrededor de si llamado comúnmente estación fantasma (WAY POINT).

De esta manera, todo se pasa para la aeronave como si existiese una estación VOR/DME en aquel punto y por medio de la proyección de varias estaciones la aeronave puede seguir una trayectoria más rectilínea o tener acceso más preciso a pistas carentes de radiofacilidades.

3- Identificación

A cada 30seg. la estación de tierra emite su identificación. $\frac{1}{4}$ de este período (7.5 seg.) es usado por el DME y los otros $\frac{3}{4}$ restantes (22.5seg.) son libres para que el equipo asociado al DME (generalmente el VOR) haga su identificación). La identificación esta compuesta de 3 letras en código morse internacional, a una frecuencia de 1350 Hz.

Cuando llega el momento de hacer la identificación, el transponder emite pulsos como un formato determinado, de modo que este tren de pulsos es filtrado en el equipo de a bordo generando un tono audible de 1350 Hz.(figura 1.32).

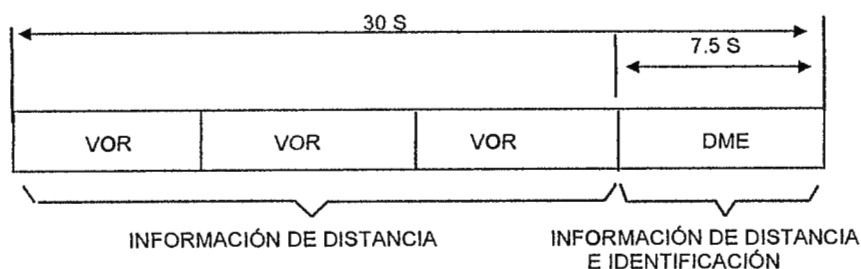


Figura 1.32- IDENTIFICACIÓN VOR/DME

Así la estación dispone de 7.5seg. para hacer la identificación, esto no significa que ella quede todo este tiempo sin atender a las aeronaves que la están interrogando. La estación solo no atiende a las aeronaves durante la transmisión de los trazos y de los puntos. En el intervalo de

tiempo entre la transmisión de punto y punto, punto y trazo y entre trazo y trazo las aeronaves reciben respuestas normalmente. [D]

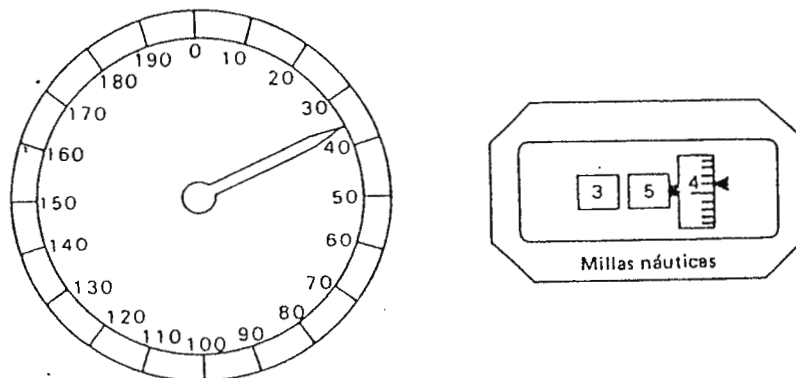


Figura 1.33- INDICADOR DME

1.6- DISPOSICIONES ACTUALES CON LAS QUE CUENTA EL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE ILOPANGO

1.6.1- Descripción General

La particular ubicación geográfica de San Salvador se presta para servicios a otros países centroamericanos que empalman con vuelos intercontinentales. El Aeropuerto Internacional de ILOPANGO esta situado aproximadamente a 7Km Este de la ciudad capital de San Salvador y se comunica por medio de la carretera Panamericana de DOS vías.

Se encuentra ubicado sobre una meseta a una altura de 615 metros, cerca del lago de ILOPANGO, y al norte de las cumbres del mismo lago. Las cimas de esta cadena de montañas alcanzan un elevación general de 1000 a 1100 metros por encima del nivel del mar y la más alta, la del centro de San Jacinto, con una elevación de 1150 metros, se encuentra a unos 5Km al Oeste Sudoeste del aeropuerto. A unos 15Km al Noroeste se encuentra el volcán de San Salvador con una elevación de 1.950 metros.

El aeropuerto cuenta con un designador MSSS el cual es un identificador de localización del mismo, en la cual la primera letra significa la región (Mesoamérica), la segunda el país (El Salvador), la tercera y cuarta la capital (San Salvador). Es para uso Militar y Civil.

El aeropuerto trabaja con la hora UTC, es decir, el tiempo de conversión que es la mostrada por el número de horas que se le suman o se le restan a la Hora Universal Coordinada UTC (Hora del meridiano de Greenwich) para obtener la hora standard local, para el caso se tienen seis horas adelantadas con respecto al meridiano cero.

1.6.2- Descripción de pista de aterrizaje :

RWY-15 L4, 6, 9, 10 _____(7349x148 ASP DC10)_____ L4, 6, 9, 10 **RWY-33**

Las pistas son normalmente numeradas en relación a su dirección magnética alrededor de cerca de 10 grados. Una sola pista es mostrada con un número al lado izquierdo. Pistas paralelas designadas izquierda/derecha son mostradas con la pista izquierda listada primero, el cual es el caso del aeropuerto de ILOPANGO, que tiene dos cabeceras la pista 15 (RWY-15) izquierda y pista 33 derecha (RWY-33). Para pistas múltiples son mostradas en orden ascendente de arriba abajo.

Cuenta con un **sistema de luces L4, 6, 9,10. (En desuso)**

Donde: "L4" es luz temporal (Runway or strip lights), "6" son las luces de pista de Alta intensidad (HIRL), "9" es el sistema de indicación de senda de planeo Visual (VGSI) o indicador visual de inclinación y "10" son las luces de identificación de final de pista.

Dimensiones de longitud de pista: 7349 pies (2240.55 metros) de largo por 148 pies(45.12 metros) de ancho. La pista principal (33) tiene una elevación de 2021 pies (616.16 metros) sobre el nivel del mar.

Superficie de pista: Superficie material es el material visible o composición de la mayor parte terrestre de la pista, para el caso es de **ASP : Asfalto.**

DC10 = Máximo tipo de avión (DC10) que puede aterrizar en pista (resistencia de la pista). La cabecera 33 cuenta también con L4, 6, 9, 10.

Patrón de tráfico para la pista: tráfico izquierdo para la pista 15-33, patrón rectangular a altitud de 3000 pies.

1.6.3- Servicios que presta:

1) Estatus de espacio: Es un aeropuerto de entrada. Aeropuerto designado donde la entrada inicial a un país puede ser hecha para obtener un margen de espacio. Tiene luces de umbral de pista 15-33.

2) Combustible para aviones de tipo 100LL(aviones normales, motores de pistones) y A1(Turbohélice y de turbina).

- **Observaciones:** Horas de operación desde las 13:00 hasta las 24:00 hora universal coordinada (UTC), o sea desde las 7:00 A.M hasta las 06:00PM hora local. Para servicio militar las 24 horas del día disponible.

- **Restricciones:** Tiempo de solicitud de aterrizaje 24 horas antes.

- **Precauciones:** Cumplir estrictamente el patrón de tráfico para la pista 15-33. La fuerza aérea tomará acciones si es sobrevolada las instalaciones de ellos. Usar extrema precaución en los sectores Este y Sur del umbral de la pista 33 ya que hay torres de alta tensión teniendo un rango de elevación de 1600 a 2365 pies. Haz de pájaros que vienen del lago de Ilopango y sus alrededores. [11]

- **Servicio de NOTAM:** Es un aviso que contiene información relativa al establecimiento, condición o modificación de cualquier instalación aeronáutica, servicio, procedimiento o peligro, cuyo conocimiento oportuno es esencial para el personal encargado de las operaciones de vuelo.

Distribución clase I. Distribución por medio de telecomunicaciones.

Distribución clase II. Distribución por medios distintos de las telecomunicaciones.

- Esta facilidad es cubierta por la FAA y el Sistema de NOTAM integrado DoD.

- **SERVICIO FIJO AERONÁUTICO (AFS):** Servicio de telecomunicaciones entre puntos fijos determinados, que se suministra primordialmente para seguridad de la navegación aérea y para que sea regular, eficiente y económica la operación de los servicios aéreos. En la torre de control se tiene un impresor conectado a la RED AFS para recibir este servicio, en este se imprimen planes de vuelos y metares (informes meteorológicos de rutina).

1.6.4- Comunicaciones:

La seguridad del vuelo depende actualmente en gran parte de las ayudas a la navegación aérea y las comunicaciones. Estos dos servicios deben de proveer el máximo de asistencia a los usuarios, proveyéndoles de información de calidad uniforme. Una cuidadosa y tecnicada inspección de vuelo, realizada por personal calificado, utilizando aeronaves especiales y equipos electrónicos, son necesarios para cumplir estos propósitos.

Para la protección al vuelo de las aeronaves que surcan la región de información de vuelo en Centroamérica y en zonas adyacentes, se identifica el servicio móvil aeronáutico (**AMS**), que es en sí un seguimiento continuo del tráfico de aeronaves, brindándoles toda la información necesaria y el asesoramiento adecuado para un perfecto progreso del vuelo programado.

Estas comunicaciones son las denominadas aire-tierra y están bajo la responsabilidad de CENAMER, Centro de Control de Tránsito para Centroamérica; importante dependencia de

COCESNA que presta los servicios de tránsito aéreo, información, alerta y asesoramiento a todas las aeronaves que entran, salen y cruzan la región de información de vuelo o FIR Centroamericana, proporcionando de esta manera instrucciones y procedimientos, que basados en normas, métodos y recomendaciones internacionales, guían a las aeronaves en las trayectorias y latitudes correspondientes, todo lo anterior sin ocasionar demoras, ni afectar la regularidad de las operaciones.

Esta comunicación continua con las aeronaves implica aun la coordinación de operaciones con las torres de control y los servicios de control de aproximación de los diferentes aeropuertos internacionales del área centroamericana, así como el enlace con centros de control de área adyacentes como los de Panamá, Mérida, México, Habana, Cuba; Kingston, Jamaica.

Es importante destacar que el sistema de comunicaciones que emplea CENAMER, hace uso de la red vertebral de telecomunicaciones centroamericanas de COCESNA y el sistema de radioayudas a la navegación aérea situados en sitios estratégicamente localizados en la región. CENAMER consta de sistemas computarizados de dos canales uno que conecta directamente con la red de telecomunicaciones Fijas aeronáuticas (AFTN), y otro canal que recibe información a través del conmutador instalado en la ciudad de Kansas City, Estados Unidos. **[G]**

El Aeropuerto Internacional de ILOPANGO cuenta con seis frecuencias de Sistema Móvil Aeronáutico (AMS) situados en la sala de equipos de la torre de control las cuales se detallan a continuación:

<i>Frecuencias (MHz)</i>	<i>Aplicación</i>
118.3	ILOPANGO TORRE
119.5	APROXIMACIÓN
121.5	EMERGENCIA (ELT)
121.9	CONTROL TERRESTRE
127.1	EL SALVADOR RADIO
342.5	HELICÓPTEROS (USO MILITAR)

- **Distribuciones:** Consta de cuatro consolas cada una puede seleccionar una frecuencia para transmisión y recepción.

- **Composición:**

(a) Unidad de control del operador (OCU) se encarga de controlar el volumen de recepción y la amplifica del micrófono. Controla el volumen de Headset.

(b) Módulo de Control de Radio (RCM), se encarga de seleccionar la frecuencia y del monitoreo.

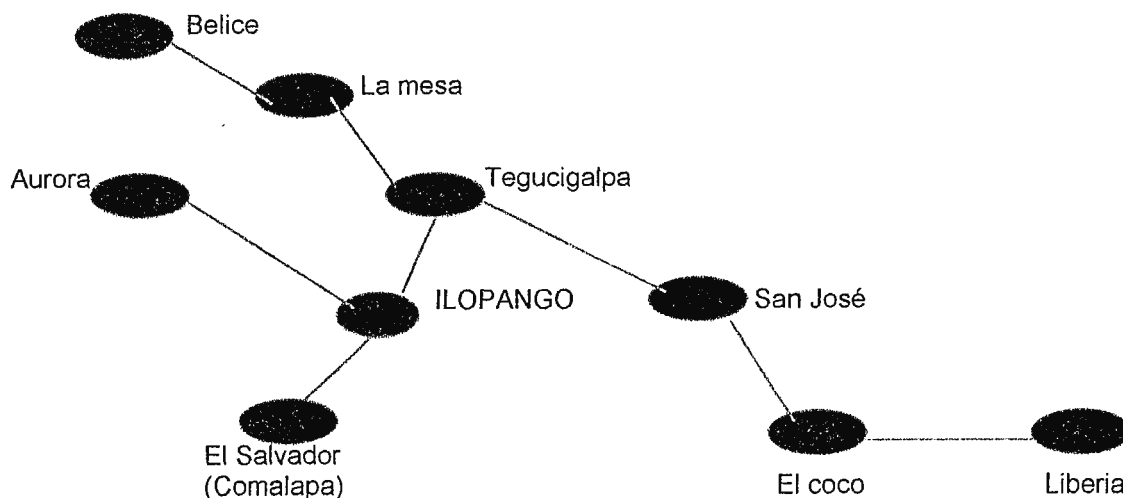
(c) Tarjeta de canal de Radio (RCC) amplifica transmisión y recepción para cada frecuencia.

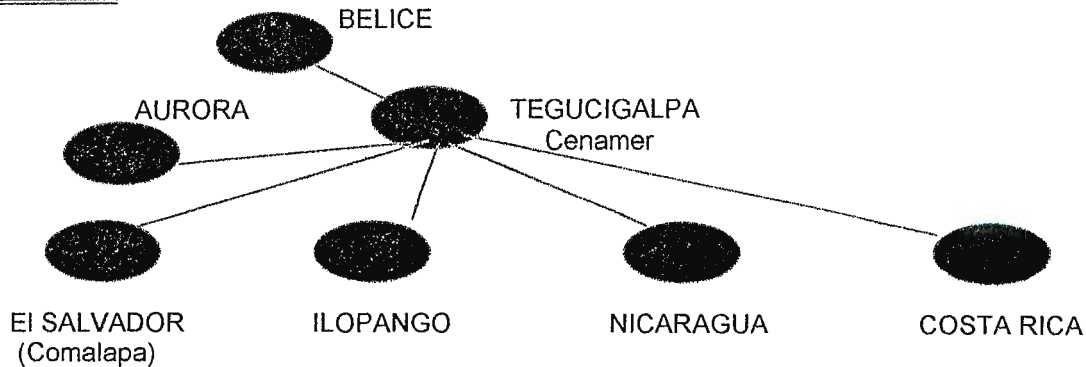
Cuenta además con **Canales Expresos (canales dedicados)**: Canal 8: Comunicación entre torres de control de Centroamérica, Canal 16: Comunicación entre ILOPANGO y CENAMER y Hot line: Comunicación entre ILOPANGO y El Salvador (Notificación de planes de vuelo). Además se tiene monitores para verificación de identificación del VOR/DME y NDB.

La responsabilidad de control de vuelo esta dividida : de 19,000 pies de altura para abajo es de las torres de control de cada país y de 20,000 pies para arriba es responsabilidad de CENAMER.

CONFIGURACIÓN CANALES EXPRESOS

CANAL 8



CANAL 16**1.6.5- Radioayudas:** Cuenta con tres radioayudas:

Equipo **VOR/DME** tiene una Identificación YSV (YanKee-Sierra-Victor) en el canal 94X con una frecuencia de 116.3 MHz, esta situado 13°41.9' al Norte, 89°07.0' Oeste con altitud de 2021 pies/4°10' Este. Tienen una potencia de 100 y 1000 vatios respectivamente y una cobertura de 80MN (Lectura DME).

Equipo **NDB**: Con Identificación YSX (YanKee-Siera-Xray) con una frecuencia de 215 MHz, esta situado a 13°42.0' al Norte 89°07.0' Oeste con altitud desconocida/4°10' Este. 13. Cuenta con una potencia de 300 vatios y una cobertura de 115 hasta 140MN (Lectura DME). **[11]**

1.6.6- ALFABETO FONETICO INTERNACIONAL OACI/ CODIGO MORSE

A . _ _ .	Alfa	(AI-FAH)	S . . .	Sierra	(SEE-AIR-RAH)
B _ _ . . .	Bravo	(BRAH-VOH)	T _ _	Tango	(TANG-GO)
C _ _ . .	Charlie	(CHAR-LEE)	U . . _ _	Uniform	(YOU-NEE-FORM)
D _ _ . .	Delta	(DELL-TAH)	V . . _ _	Victor	(VIK-TAH)
E	Eco	(ECK-OH)	W . _ _ _	Whiskey	(WISS-KEY)
F . . _ .	Foxtrot	(FOKS-TROT)	X _ _ . .	Xray	(ECKS-RAY)
G _ _ _ .	Golf	(GOLF)	Y _ . _ _	Yankee	(YANG-KEY)
H	Hotel	(HOH-TELL)	Z _ _ . .	Zulu	(ZOO-LOO)
I	India	(IN-DEE-AH)	1 . _ _ _ _	Wun	
J . _ _ _ _	Juliett	(JEW-LEE-ETT)	2 . . _ _ _	Too	
K _ _ . _	Kilo	(KEY-LOH)	3 . . . _ _	Tree	
L	Lima	(LEE-MAH)	4 _	Fow-er	
M _ _ _ .	Mike	(MIKE)	5	Fife	
N _ . . .	November	(NO-VEM-BER)	6	Six	
O _ _ _ _	Oscar	(OSS-CAH)	7 _ _ . . .	Sev-en	
P _ _ . .	Papa	(PAH-PAH)	8 _ _ _ . .	Ait	
Q _ _ . . .	Quebec	(KEH-BECK)	9 _ _ _ _ .	Nin-er	
R	Romeo	(ROW-ME-OH)	0 _ _ _ _ _	Ze-ro	

Este tubo llamado magnetrón emitía un corto impulso de frecuencia muy elevada, lo que permitía reducir el tamaño de las antenas hasta entonces empleadas y medir distancias contando el tiempo que transcurría entre la emisión de un impulso y la recepción del eco correspondiente. Nació así el radar clásico de impulsos.

1.7.2- Principio

El principio elemental del radar es el indicado esquemáticamente en la figura 1.34. El Transmisor envía una onda electromagnética en una dirección determinada, a través de una antena directiva. Si hay un blanco reflector, el receptor detecta un "eco" u onda que vuelve. Para que el blanco refleje, debe suponer una fuerte discontinuidad de impedancia para la onda que le llega, es decir, sus constantes dieléctricas o magnéticas deben ser muy distintas de las del aire, o del vacío, que es el medio por el que le llega la onda. Para ello es ideal que sea conductor, lo que ocurre con aviones, barcos, etc., debido a sus muchas partes metálicas.

Mediante un dispositivo electrónico se compara la onda devuelta por el blanco con la enviada. El tiempo de ida y vuelta da la información de la distancia del objeto o "blanco", ya que las ondas electromagnéticas viajan a velocidad constante, velocidad de la luz, a $300.000 \text{ Km/seg.} = 300 \text{ m/}\mu\text{s}$. El desplazamiento de frecuencia de la onda, por efecto Doppler, contiene la información de velocidad del blanco, Por último, la orientación mecánica de la antena da la información lateral de posición de blanco, simplemente por detección de que hay una onda reflejada en una dirección determinada de la antena. La antena receptora puede ser la misma antena del transmisor u otra distinta.

El modo clásico de medida del tiempo de ida y vuelta de la onda es la modulación por impulsos, que consiste en variar la onda durante un tiempo muy corto o impulso y medir el tiempo transcurrido hasta que regrese. Sin embargo, también se puede marcar los tiempos de otra forma,

como, por ejemplo, modulando la onda transmitida y midiendo el retraso de la moduladora, o, simplemente, midiendo el desfase entre la onda emitida y la que vuelve, aunque este método no es demasiado práctico por ser muy ambiguo (el desfase es de muchas longitudes de onda).

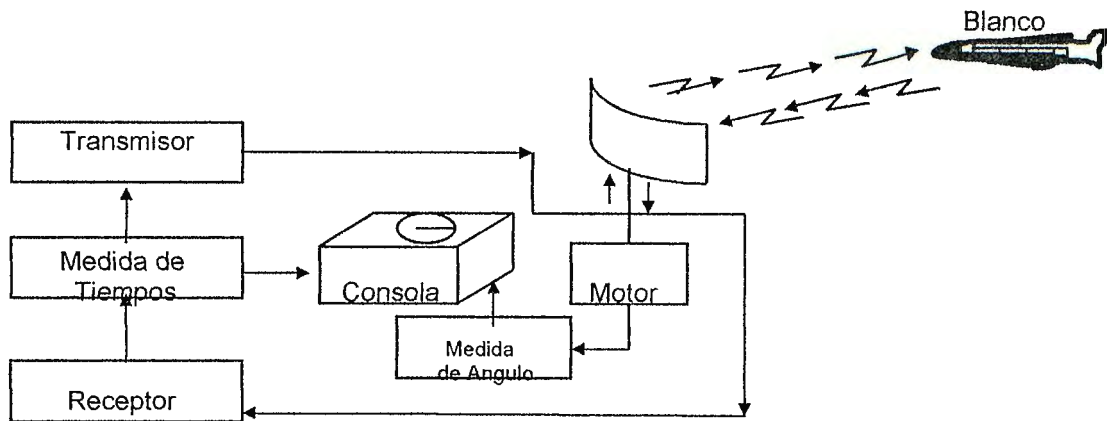


Figura 1.34- Sistema de radar.

1.7.3- Clasificación de los sistemas radar

Se puede hacer la siguiente clasificación funcional no exhaustiva que, al mismo tiempo, sirve de enumeración de los tipos de radar más usuales en el momento actual:

1) Radar de onda continua.

- No modulada (radar Doppler de medida de velocidades).
- Modulada (altímetro de radar).
- Radar Doppler con respuesta (radares de seguimiento).

2) Radar de impulsos

- No Codificados, no coherentes (Radares de cubrimiento).
- No Codificados, coherentes (Doppler de impulsos, "Moving target indicator" (MTI)).
- Codificados, con respuesta (Radar secundario, Equipo medidor de distancia(DME), sistema de navegación aérea que proporciona información acimutal y de distancia a un avión desde una estación terrena (TACAN)).

1.7.3.1- Clasificación por su utilización:

a) *Radar meteorológico*

b) *Primario*

c) *Secundario de vigilancia y aproximación, etc.*

Naturalmente se pueden hacer otras clasificaciones, como “fijos o de a bordo”, o bien caracterizar los tipos especiales por sus dispositivos, como “ de apertura sintética” o “polarización circular”, etc.

1.7.4- Frecuencias del radar

La frecuencia de las ondas electromagnéticas usadas para el radar es un parámetro del sistema que tiene una gran influencia en muchas o casi todas sus actuaciones.

Sin embargo la frecuencia de las ondas electromagnéticas debe ser muy alta, solamente con el razonamiento de que, en el radar de impulsos, el impulso debe contener un gran número de ciclos de la onda, para que esta se propague, durante el impulso, como un fenómeno estacionario y el impulso tiene que ser corto, para que se haya terminado la emisión antes de que se vuelvan los ecos. Lo elevado de las frecuencias y la dificultad de su manejo ha sido el motivo que más ha retrasado el desarrollo del radar, sobre todo en sus comienzos.

Las frecuencias utilizadas en radar están normalizadas según una clasificación militar en “bandas”, en la forma siguiente:

Banda L	1.000 a 2.000 MHz.	= 1.00 a 2.00 GHz.
Banda S	2.000 a 4.000 MHz.	= 2.00 a 4.00 GHz.
Banda C	4.000 a 8.000 MHz.	= 4.00 a 8.00 GHz.
Banda X	8.000 a 12.500 MHz.	= 8.00 a 12,5 GHz.
Banda K _u	12.500 a 18.000 MHz.	= 12,5 a 18.0 GHz.
Banda K	18.000 a 26.500 MHz.	= 18.0 a 26,5 GHz.
Banda K _a26.500 a 40.000 MHz.	= 26,5 a 40.0 GHz.
Milimétricas		>40.0 Ghz.

La mayoría de los radares de impulsos funcionan en las bandas S y X, aunque también se usan las demás. Las bandas superiores tiene pocas aplicaciones de radar. [10]

1.7.5- Antecedentes del Radar Secundario de Vigilancia (SSR)

Desde su adopción por la OACI hace más de veinte años, el uso del radar secundario de vigilancia (SSR) para tareas de vigilancia se ha extendido al mundo entero. A pesar de ciertas limitaciones iniciales en materia de tecnología de presentación, la utilización del sistema para complementar la información del radar primario permitió reducir considerablemente la pesada carga de trabajo implícita en la identificación de las trazas radar.

Mejoras tecnológicas, tales como el procesamiento digital, hicieron posible reducir aún más la carga de trabajo de los controladores gracias a la posibilidad de presentar en pantalla radar los códigos de altitud en modo C, el distintivo de llamada de la aeronave y la velocidad con respecto al suelo, así como el código en Modo A asociado a la aeronave.

Mejoras recientes en la tecnología del SSR, mediante la utilización de información de altitud en Modo C, han facilitado la implantación de una función de alerta de conflictos a corto plazo que advierte al controlador sobre el posible riesgo de que se infrinjan las normas de separación.

Así pues, el sistema SSR ha permitido lograr un considerable aumento de la seguridad del ATC y de la capacidad del sistema. En los estados miembros de EUROCONTROL y en los Estados Unidos, las áreas terminales y en ruta de mayor movimiento, así como casi todo el espacio aéreo por encima de 20,000 pies (6,100m), se encuentran actualmente bajo cobertura del SSR. Las aeronaves que realizan vuelos controlados IFR en estas áreas tienen la obligación de llevar a bordo un respondedor de 4,096 claves y un codificador de altitud.

Cabe destacar que casi todas las compañías aéreas internacionales han instado respondedores y codificadores de altitud en las aeronaves de sus flotas respectivas.

1.7.5.1- Consideraciones de orden operacional

Durante la década de 1970, a medida que aumentaba el tránsito aéreo y cada vez más aeronaves eran equipadas con respondedores, el funcionamiento del sistema SSR comenzó a encontrar dificultades. Estas dificultades se debieron a ciertas limitaciones originadas, en parte, en el propio concepto básico del sistema y, en parte, en la aplicación de tecnologías no adecuadas.

En el momento actual una de las limitaciones del sistema es la utilización de las mismas dos frecuencias para todas las interrogaciones procedentes de estaciones terrestres (1,030Mhz) y para todas las respuestas de los respondedores de abordo (1,090Mhz). Otras de las limitaciones del sistema surgen del uso de códigos de interrogación comunes a los interrogadores y respondedores, así como del uso de métodos de medición de acimut que resultan imperfectos en el contexto actual.

Estas limitaciones dan origen a dos tipos de interferencia, a saber, señales o respuestas no deseadas y confusión sincrona. Esta interferencia aumenta con la densidad del tránsito, en ciertas áreas, la saturación resultante podría hacer que el SSR no estuviera en condiciones de entrar en operación antes del fin del siglo.

1.7.5.2- Mejoras del SSR

Los resultados de la investigación correspondiente han proporcionado dos medios de mejorar el sistema: el primero, llamado técnica de monoimpulso, se refiere al SSR existente, mientras que el otro modifica dicho sistema mediante el agregado de la característica de interrogación selectiva (SSR modo S). **[B]**

El radar secundario de vigilancia (SSR) está compuesto por un equipo interrogador en tierra y un respondedor a bordo de la aeronave. El interrogador se encuentra normalmente instalado junto a un radar primario, de modo que las informaciones obtenidas por el radar primario y secundario sean exhibidas simultáneamente en la presentación radar del controlador y aparezcan como una sola información. Al proporcionar información de posición el SSR proporciona un enlace de datos por la transmisión de información desde la aeronave hasta la estación en tierra, utilizando para eso un decodificador.

La visualización disponible para el controlador en el radar primario, resulta proporcional al tamaño del área de reflexión y posición de la aeronave, así una aeronave de tamaño pequeño y lejos de la antena radar es representada como un eco de difícil visualización.

Por eso tanto una aeronave pequeña como las llamadas cuerpo ancho, si están equipadas con el respondedor de a bordo (transponder), serán vistas por la antena radar y representadas en la pantalla radar como trazas de tamaño significativo, cualquiera sea su distancia de la antena radar, siempre que se encuentren dentro del área de visualización considerada. Eso sucede porque en el radar secundario ya no tratamos de reflexión de una onda electromagnética sino de una transmisión originada en la aeronave. Tal señal electrónica emitida de la aeronave, por ser de ultra alta frecuencia, puede ser codificada y por lo tanto, permitirá la diferenciación entre varias aeronaves. [C]

1.7.6- Esquema de radar secundario

El esquema básico de un sistema de radar secundario se representa en la figura 1.35. El equipo de tierra consta de un sincronizador y un codificador que originan los pulsos de radiofrecuencia radiados por las antenas direccional y omnidireccional, en la frecuencia de 1030 MHz. Las señales recibidas en el respondedor de a bordo darán origen a la emisión, por parte de

este respondedor, de un tren de pulsos en la frecuencia de 1090 Mhz. Este tren de pulsos codificados, o respuesta, contiene la información de identidad o altitud de la aeronave.

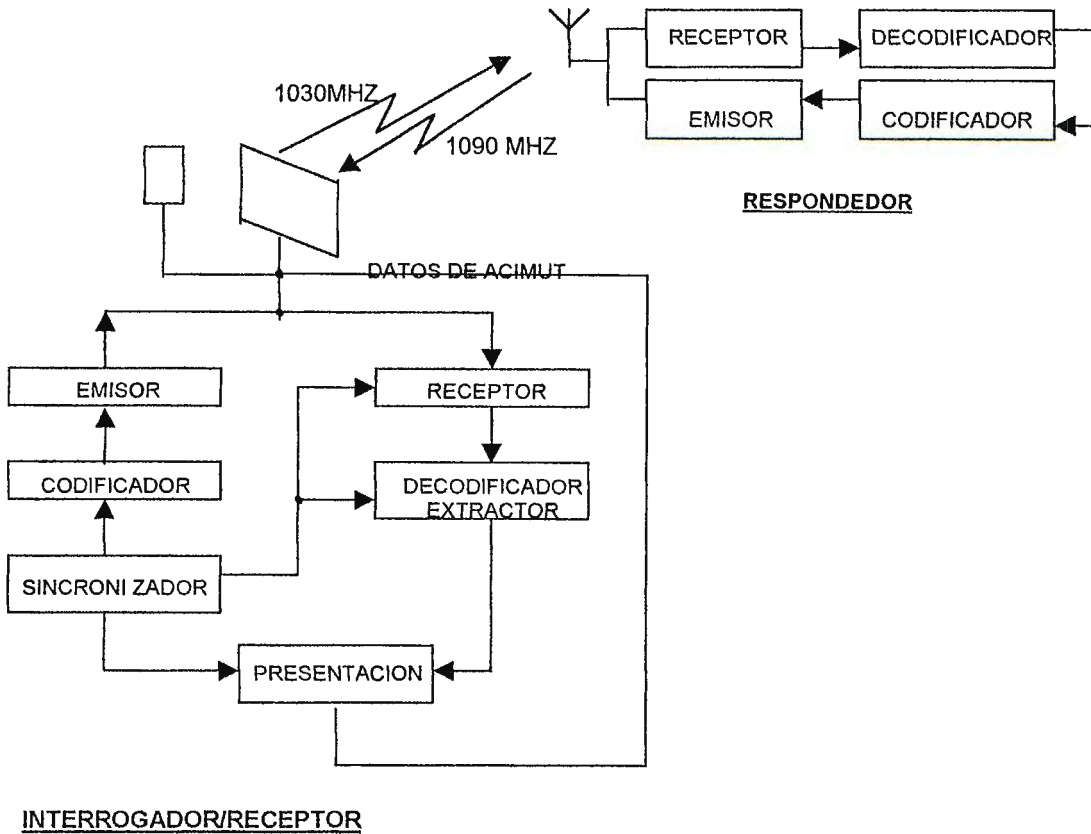


Figura 1.35- Esquema del sistema radar secundario

Las respuestas en el equipo de tierra serán detectadas, decodificadas y elaboradas convenientemente antes de ser presentadas para su explotación.

1.7.6.1- Interrogaciones y respuestas

El radar secundario emite unas señales que representan una petición de información a las aeronaves que están dentro del espacio cubierto por el radar. Estas señales, llamadas interrogaciones constan de un par de pulsos rectangulares de radiofrecuencia cuya separación determina un modo de operación. Los pulsos de interrogación se denominan P1 y P3. Cada pulso tiene una duración de $0.8\mu\text{s}$ y la separación entre ambos puede ser de 3, 5 u $8\mu\text{s}$, según se trate de los modos 1, 2 ó 3 (figura 1.36).

Estos modos son de utilización militar. Los modos A, B, C y D corresponden a separaciones de 8, 17, 21 y 25 μ s, siendo estos modos los establecidos por la OACI. Los modos A y B se utilizan para obtener respuestas que contengan la identidad de la aeronave, el modo C es utilizado para obtener la altitud del vuelo, y en cuanto al modo D, aún no ha sido definida su utilización.

Como puede observarse los modos 3 y A son idénticos por lo que, tanto la aviación militar como la civil pueden contestar a él, facilitando la identificación de cualquier aeronave interrogada. La frecuencia portadora utilizada en la interrogación es 1030Mhz.

El pulso P2 es de las mismas características que los P1 y P3 y se sitúa siempre 2 μ s después de P1. La utilización de este pulso será explicada posteriormente, pero conviene adelantar que su presencia no cambia las definiciones dadas de los modos de interrogación.

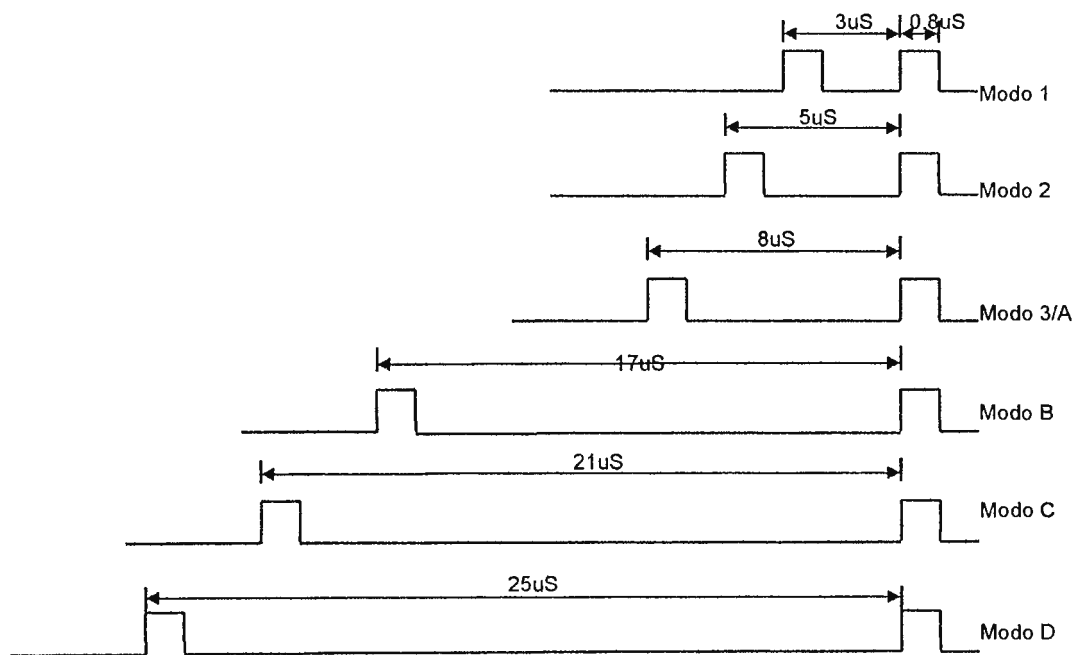


Figura 1.36- Modos de Interrogación, separación de los pulsos P1 y P3

El respondedor de a bordo al recibir una interrogación del radar secundario decodifica el modo de operación de la misma y confecciona y emite la respuesta correspondiente, ya sea la identificación, ya sea la altitud.

Como ya se ha indicado las respuestas se emiten en frecuencias de 1090MHz y constan siempre de, al menos, dos pulsos separados $20.3\mu\text{s}$ y llamados pulsos de encuadramiento, F1 y F2 (figura 1.37). Entre los pulsos de encuadramiento pueden incluirse hasta doce pulsos denominados A1 A2 A4 B1 B2 B4 C1 C2 C4 D1 D2 D4 con los que se puede formar, con cada tres, un número en el sistema binario octal. Así pues, si están presentes los doce pulsos se tendrá el código 7777, siendo el número total de códigos posibles de 4,096. Entre los pulsos A4 y B1 hay un espacio que permitirá introducir un pulso llamado X y que, por ahora, no se utiliza. La duración de cada pulso es de $0.45\mu\text{s}$ y la separación entre ellos, incluyendo el pulso X, es de $1.45\mu\text{s}$.

A $4.35\mu\text{s}$ después de F2 puede aparecer un pulso llamado de identificación (SPI: Special Pulse Identification) que se genera al pulsar el piloto el mando correspondiente y que produce en la pantalla de presentación de datos una indicación especial. Por ejemplo, cambia intermitentemente el tamaño de los caracteres del código presentado. La presencia del pulso de identificación dura de 20 a 30 segundos, desapareciendo automáticamente. La función de este pulso es de identificar una aeronave entre dos que corresponden con el mismo código.

La utilización de los códigos por cada aeronave corresponden a normas de operación establecidas por las distintas agencias de control de la circulación aérea, bajo cuya responsabilidad esta el espacio aéreo. Universalmente se utiliza el código 7700 para indicar emergencia general, el código 7600 indica emergencia en comunicaciones y el código 7500 se utiliza en casos de secuestro aéreo.

Las respuestas al modo C de altitud, se generan automáticamente al estar asociado el respondedor al altímetro del avión.

Las respuestas de altitud se forman con los pulsos F1 y F2 y los pulsos intermedios contiene la información de altitud en niveles separados cada 100 pies y en código Gray. Este código, al cambiar un solo pulso (bit) entre un nivel y el siguiente, permite detectar fácilmente posibles errores.

1.7.6.2- Frecuencias. alcance

Todos los radares secundarios, según especifica el Anexo 10 de OACI, utilizan en interrogación la frecuencia portadora 1030 Mhz. En recepción la frecuencia utilizada es 1090 Mhz.

La utilización de las frecuencias anteriores, por todos los radares, tiene una indudable ventaja al no ser necesario el cambio de sintonía en el respondedor, sin embargo, es origen de la aparición de numerosas respuestas asíncronas, conocidas por "FRUIT" en la jerga aeronáutica. Estas interferencias se originan porque un respondedor contesta a todas las interrogaciones que le llegan procedentes de los varios radares que le iluminan.

Todas estas respuestas, en la frecuencia 1090 Mhz son así mismo captadas por todos los radares que están en la cobertura del respondedor. Para cada radar las únicas señales útiles serán las sincronizadas con su propia interrogación, mientras que las demás deberán ser rechazadas. La eliminación de señales asíncronas se realiza mediante el dispositivo denominado "eliminador de respuestas asíncronas ("DEFRUITER").



Figura 1.37- Posición de los pulsos de respuesta código 7777 con identificación.

La potencia transmitida es del orden de 1 KW según el Anexo 10 de OACI, llegando usualmente, los distintos equipos a alcanzar potencias de 2 KW o superiores. Por otra parte, la sensibilidad del receptor, medida en términos de "señal mínima detectada" (MDS) y según el mismo anexo, debe ser de -88 dBm. Considerando los valores señalados de potencia transmitida y sensibilidad del receptor, el alcance máximo del radar secundario es superior a las 200MN. **[6]**

CAPITULO 2

PRINCIPIO DE OPERACIÓN DEL RADAR SECUNDARIO DE VIGILANCIA (SSR)

2.1- INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describen todas las características del sistema radar secundario de vigilancia (SSR), no solamente en la estación de tierra sino también en el transpondedor de abordó. Presentando así, la base teórica del sistema SSR, mostrando en primer lugar una parte de antecedentes del mismo, para luego entrar de lleno a la descripción del sistema, en donde se mencionan los dos elementos básicos que lo componen, los cuales son: el interrogador y el transpondedor.

Se describen los modos de interrogación/respuesta en los cuales opera el SSR, características y criterios de actuación técnica del sistema, como lo pueden ser los tipos de información que proporciona, servicios, cobertura, detección de blancos, precisión de la detección, capacidad de la estación de tierra, entre otros.

A continuación de esto, se presenta el equipo de SSR, en donde se detallan los diagramas de bloques del sistema interrogador/receptor normalmente con base en tierra y el transpondedor a bordo de la aeronave. Acá se estudian cada parte de dichos diagramas de bloques, como por ejemplo el sincronizador, transmisor, antenas, receptor, codificador, decodificador etc., mencionando sus características de funcionamiento, datos técnicos, como frecuencias y potencias de operación, recomendaciones, normas y reglas a cumplir establecidas por organismos de aviación.

En las siguientes secciones se estudian la cobertura del radar y detección de blancos. Aquí se analizan los parámetros teóricos del radar, como las ecuaciones de alcances de la

interrogación y de la respuesta, mostrando los parámetros que intervienen en la actuación del sistema. Además se presenta el sistema real de radar secundario, con sus características, limitaciones, problemas y las diferentes formas de resolverlos.

En la siguiente sección se muestra el radar secundario de vigilancia (SSR) por monoimpulso, dando a conocer los elementos funcionales que lo componen: antena, receptor de doble canal, un procesador y un extractor. Se analiza este tipo de radar más específico, ya que este es el que se presentará, en el capítulo cuatro, cuando se estudie la propuesta de instalación de equipos radar para el aeropuerto internacional de ILOPANGO, pero también se da una breve descripción de otra técnica utilizada en el SSR, el cual tiene la característica de interrogación selectiva, este es el caso del SSR en Modo S.

Debido a la distribución funcional de los equipos, el sistema completo de radar queda normalmente repartido entre dos localizaciones distintas. En algún sitio próximo a la antena se localizan los equipos transmisor/receptor. En otro sitio, próximo al operador, es decir, a la sala de control, se localizan los equipos de proceso de datos, para luego ser presentados en la consola.

De acuerdo a esto se presenta finalmente la sección de consolas de radar, el cual es el conjunto de equipos que forman la elaboración y presentación de datos en la pantalla radar. En este el operador tiene a la vista los datos del radar y el control del sistema. Complementando así, todo el sistema radar.

En los anexos se presentan secciones importantes que ayudan a complementar el estudio de este capítulo. Como son historia del SSR, ecuación y antenas radar, entre otros aspectos generales.

2.2- DESCRIPCION DEL SISTEMA

El sistema del radar secundario de vigilancia (SSR) proporciona vigilancia con base en tierra a las aeronaves equipadas de transpondedor y posibilita la comunicación de enlace de datos entre estaciones de tierra y la aeronave cuando ambas están dotadas de equipo apropiado en Modo S.

El SSR tiene dos elementos básicos: el interrogador SSR, normalmente con base en tierra y el transpondedor SSR a bordo de la aeronave. Cuando la aeronave esta dentro del haz de antena de la estación de tierra, las interrogaciones de la estación de tierra obtienen respuestas de los transpondedores.

El sistema tiene cuatro modos de interrogación/respuesta: Modo A, Modo C, Modo S e intermodo. Las estaciones de tierra serán estaciones en Modos A/C, que pueden interrogar y recibir respuestas de estaciones de tierra en Modos A/C, o estaciones de tierra en Modo S, las cuales pueden interrogar y recibir respuestas en todos los modos.

Hay dos clases de transpondedores: transpondedores en modos A/C que solamente pueden responder a interrogaciones en Modo A, en Modo C, y en intermodo y transpondedores en Modo A que pueden responder a todos los modos. En la figura 2.1 se ilustra el uso de estos modos para interrogaciones y respuestas.

El sistema SSR puede proporcionar dos categorías de servicios, según se ilustra en la tabla 2.1:

a) Servicio en Modos A/C: vigilancia de distancia y de acimut, códigos de identificación (4,096), notificación de altitud; y

b) Servicio en Modo S: todos los servicios en Modos A/C, direccionamiento selectivo, servicios específicos y/o enlace de datos plenamente en ambos sentidos, tanto en enlace ascendente como en enlace descendente.

En entornos mixtos de estaciones de tierra en Modos A/C y en Modo S, siempre se dispone del servicio en Modos A/C. Si se modernizan las estaciones de tierra y los transpondedores para incluir el Modo S, esto no impide que se proporcionen los servicios en Modos A/C, con lo que se asegura la compatibilidad entre los Modos A/C y el Modo S.

Pueden utilizarse las respuestas a todos los modos de interrogación para determinar la posición de la aeronave midiendo la distancia y el ángulo de marcación de la respuesta.

2.2.1- MODOS SSR

Los cuatro modos del SSR proporcionan las siguientes funciones específicas:

a) **Modo A.** Una interrogación en Modo A obtiene una respuesta en Modo A que presta apoyo a las siguientes funciones: a) uno de los 4 096 códigos que sirven para identificar a una aeronave o a grupos de aeronaves dependiendo de los requisitos operacionales; b) identificación en pantalla, si se solicita, de una señal de aeronave concreta mediante el uso de la identificación especial de posición (SPI) del transpondedor; c) identificación inmediata de una aeronave que sea objeto de fallas de radiocomunicaciones o de otra emergencia o de un acto de interferencia ilícita (apoderamiento ilícito).

b) **Modo C.** Una interrogación en Modo C obtiene una respuesta en Modo C. Se requiere que todos los transpondedores respondan a interrogaciones en Modo C. La respuesta incluirá información codificada sobre altitud de presión si está asociado a transpondedor un codificador apropiado de altitud de presión. Si se dispone de instalaciones convenientes de decodificación y

de visualización, puede visualizarse en pantalla la altitud de aquellas aeronaves que transmitan información sobre altitud;

c) **Modo S.** Pueden dirigirse interrogaciones (en enlace ascendente) en Modo S hacia aeronaves concretas. Esto permite la transmisión de información codificada hacia transpondedores que tengan la función de enlace de datos. La respuesta en Modo S (enlace descendente) puede incluir la identidad de la aeronave, su altitud, u otros datos, dependiendo de lo que solicite la estación de tierra y dependiendo del equipo que tenga la aeronave. Las interrogaciones y respuestas en Modo S están protegidas por un plan firme de detección/corrección de errores que otorga una elevada fiabilidad a la información transferida; e

d) **Intermodo.** Las interrogaciones en intermodo de llamada general en Modo A o Modo C, permiten que una estación de tierra en Modo S interroge a transpondedores en Modos A/C mediante el Modo A o el Modo C, sin que respondan los transpondedores en Modos S. La interrogación a llamada general en modos A/C/S hace que los transpondedores en modo S respondan mediante una respuesta en Modo S, indicando su dirección en Modo S discreta. Los transpondedores en Modos A/C responden mediante una respuesta en Modo A o en Modo C de acuerdo a la interrogación.

TRANSPONDEDOR	ESTACION DE TIERRA	
	MODOS A/C	MODO S
MODOS A/C	SERVICIO EN MODOS A/C	SERVICIO EN MODOS A/C
MODO S	SERVICIO EN MODOS A/C	SERVICIO EN MODO S

TABLA 2.1- Nivel de servicios disponibles en función de la Clase de estación de tierra y de la clase de transpondedor

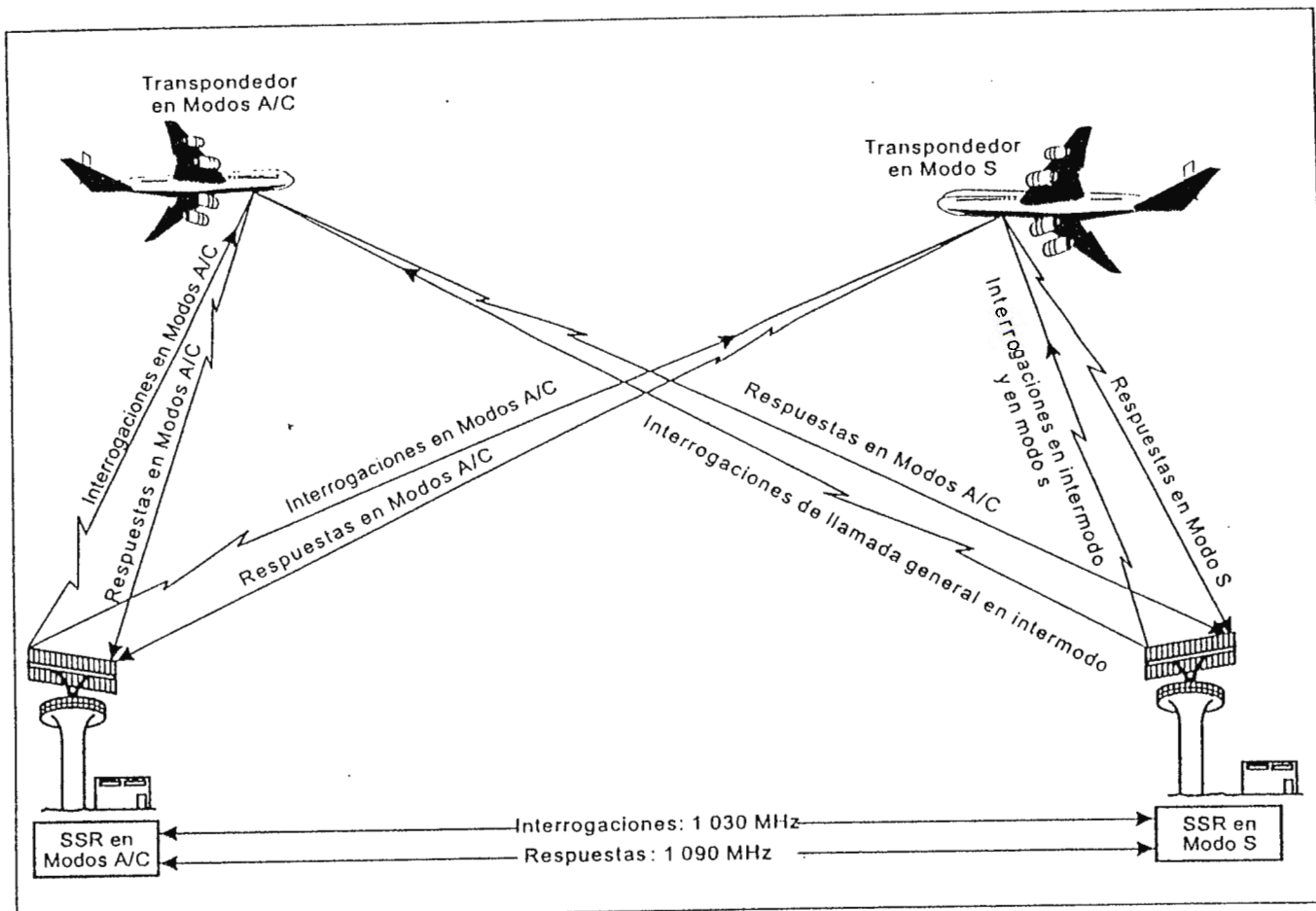


Figura 2.1- COMPATIBILIDAD ENTRE LOS MODOS A/C Y EL MODO S DEL SSR

2.2.2- Características de actuación

El SSR proporciona una mejor vigilancia de las aeronaves que el radar primario. Los modos A/C proporcionan, además de la notificación de la posición, funciones rudimentarias de enlace de datos para notificar la identidad de la aeronave y la altitud de presión.

Lo mismo que el radar primario, el radar secundario(SSR) puede proporcionar información de posición en el plano (distancia y marcación). Además el SSR puede proporcionar la información que se indica en lo que sigue.

2.2.2.1- Información a partir de los modos A/C

Las respuestas en Modo A proporcionan los códigos de identidad de la aeronave para fines de su identificación. El código en modo A incluido en una respuesta se utiliza para correlacionar la identidad de la aeronave con el informe de posición. Las características del impulso especial de identificación de posición (SPI) pueden utilizarse junto a los códigos en modo A para convalidar la identificación de la aeronave.

2.2.2.2- Información a partir del Modo S

Además de la información descrita en lo que precede, la estación de tierra en modo S puede obtener parte o toda la información que sigue a partir de transpondedores en modo S:

- a) La dirección exclusiva en Modo S de la aeronave;
- b) La situación de la aeronave de “estar en tierra” (utilizada para ayudar al procesamiento de las respuestas SSR en sistemas de alerta en caso de conflicto y en los sistemas de procesamiento de datos radar y de datos de vuelo);
- c) La identidad de la aeronave;
- d) La altitud de presión de la aeronave con una resolución de 25 pies.
- e) Otra información mediante el uso del enlace de datos en Modo S, incluidos los servicios propios del Modo S.

2.2.2.3- Utilización de la información SSR

- a) **Visualización analógica de impulsos de respuesta SSR.** Los trenes de impulsos de vídeo analógico de una respuesta en Modos A/C puede visualizarse en un indicador panorámico (PPI), ya sea por sí solos, ya sea superpuesto a ecos del radar primario. Debe señalarse que aunque los sistemas SSR analógicos son capaces de visualizar la posición de una aeronave basados en la detección de respuestas SSR, no pueden fácilmente extraer y visualizar la

información sobre identidad (Modo A) y altitud de presión (Modo C) en las respuestas SSR. El modo S en general y la mayoría de los sistemas por monoimpulsos no generan señales convenientes vídeo para su visualización analógica.

b) Visualización de información SSR digitalmente procesada. Los extractores de trazas SSR (digitalizadores SSR) procesan todas las respuestas provenientes de una aeronave durante cada exploración de la antena para formar un informe digital del blanco ("traza") que puede incluir la posición de la aeronave, el código de identificación y el nivel de vuelo. (Los sistemas en Modo S pueden también proporcionar otra diversidad de datos). La información de trazas SSR puede subsiguientemente procesarse antes de la presentación en pantalla en los sistemas de procesamiento de datos radar (RDPS) que pueden ejecutar seguimiento monoradar o multiradar, procesamiento de alerta en caso de conflicto, procesamiento de avisos de altitud mínima de seguridad (MSAW), etc.

La información de trazas SSR se visualiza normalmente en una presentación panorámica como símbolo de posición de la traza que puede tener una etiqueta alfanumérica adyacente proporcionando la información sobre identificación y altitud de presión del SSR.

2.2.2.4- Volumen de cobertura

El SSR debe proporcionar cobertura en cuales quiera condiciones meteorológicas a todos los ángulos de marcación y a todas las distancias comprendidas por los menos entre 1,85Km(1NM) y el alcance máximo operacionalmente requerido [ordinariamente 370Km (200 NM) para sistema de largo alcance y 150Km (80 NM) para sistemas de corto alcance], y a todas las altitudes operacionales por lo menos hasta 30 480 m (100 000 ft) por encima del nivel del mar, a

ángulos de elevación comprendidos por lo menos entre $0,5^\circ$ y 40° (o $0,5^\circ$ por encima del terreno en las direcciones de enmascaramiento del terreno).

La cobertura a nivel del terreno en los campos de aviación puede ser necesaria para algunas aplicaciones de enlace de datos del SSR en Modo S.

2.2.2.5- Entorno

Interferencia: Los sistemas SSR deben desempeñar su función operacional sin degradar la eficacia de otro equipo de radio, radar o electrónico a bordo de la aeronave o en tierra y sin que se vean afectados por tales equipos.

2.2.2.6- Capacidad de la estación de tierra

Los requisitos en cuanto a la capacidad de la estación de tierra (máximo número de aeronaves por exploración) debería especificarse de conformidad con la densidad pronosticada de tráfico local. Una capacidad de 400 aeronaves por exploración es suficiente en la mayoría de las regiones del mundo.

El equipo de procesamiento y de visualización debería ser capaz de transmitir la capacidad especificada de la estación de tierra. No deberían introducirse retardos excesivos (p.ej., Menos de un periodo de media exploración) entre la detección y la visualización.

2.2.3- Consideraciones relativas a potencia del sistema

Los sistemas SSR para aplicaciones de la aviación civil se han diseñado normalmente que el enlace descendente sea más sensible que el ascendente ordinariamente. Con una diferencia de 3 a 6 dB. Esto asegura que cuantas veces el transpondedor sea activado por un interrogador de

tierra, haya una muy elevada probabilidad de que la respuesta resultante será adecuadamente recibida en el receptor de tierra asociada.

Es habitual definir el alcance máximo de enlace ascendente como aquella distancia a la cual el nivel de potencia recibida por el transpondedor esté al nivel mínimo de activación (MTL) del transpondedor. Se define el MTL como el nivel de señal a la cual un transpondedor responda a una señal de interrogación, o un receptor de estación de tierra responda a una señal de respuesta con una relación de respuestas del 90%.

Se mide el MTL del transpondedor en el extremo de la antena de la línea de transmisión. En un primer orden de aproximación se supone entonces que la relación de respuesta a interrogación de "ida y vuelta" a la salida del receptor de tierra es también de 90% (en lugar de 81% que sería el caso si estuvieren equilibrados tanto el enlace ascendente como el enlace descendente con una probabilidad del 90%). Debe también señalarse que esta es la probabilidad de una sola interrogación y respuesta con éxito "ida y vuelta".

La "probabilidad de detección" real a la salida de supresión de respuestas no sincronizadas y del procesamiento de extracción de trazas depende en un número suficiente de respuestas aisladas de ida y vuelta con éxito a partir de una secuencia de interrogaciones para la técnica de procesamiento empleado. El sistema SSR puede saturarse y degradarse su eficacia si los transpondedores son objeto de excesivas interrogaciones y/o supresiones.

Los transpondedores de aeronave pueden recibir y responder solamente a una estación de tierra en cada momento por lo que es importante por lo que no estén "ocupados" teniendo que responder a más estaciones de las absolutamente necesarias.

Un margen excesivo de potencia puede dar lugar a la activación del transpondedor por interrogaciones en los lóbulos laterales o por pares de impulsos P1-P2 falsos. Pueden entonces ocurrir supresiones no deseadas las cuales disminuirán la disponibilidad para responder a otras estaciones de tierra.

La ecuación de radar aplicada al SSR es la siguiente:

$$\text{Prec} = \text{Ptrd} \frac{\text{Ga Gt}}{\text{Lat Li Lt}} \frac{1}{(4\pi)^2} \frac{\lambda^2}{R^2}$$

siendo:

Prec La potencia del receptor a la entrada del receptor (vatios);

Ptrd La potencia transmitida a la salida del transmisor (vatios);

Ga Es la ganancia de antena de la estación de tierra respecto a la ganancia y isotrópica en la dirección del transponder;

Gt es la ganancia de antena del transpondedor respecto a la ganancia isotrópica;

Li Es la suma de pérdidas entre el interrogador y la antena;

Lt Es la suma de pérdidas por cable entre la antena y el transpondedor;

Lat Es la atenuación atmosférica

λ Es la longitud de onda (en metros)

R Es la distancia de la estación de tierra a la antena del transpondedor (en metros).

Deben seleccionarse cuidadosamente los valores de Ga y Gt que hayan de utilizarse en esta ecuación. La Ga, la ganancia de la antena de estación de tierra, variará en función de los ángulos de acimut y de elevación. Para un funcionamiento fiable en todo el volumen de cobertura requerido, la ganancia no debería ser inferior al valor seleccionado a todos los ángulos de elevación en este volumen y a cualquier distancia dada. Además, la ganancia no debería ser inferior al valor seleccionado en toda la anchura de haz de acimut respecto a la cual se requieren respuestas.

Estas consideraciones llevan a un valor de ganancia efectiva que será inferior a la ganancia máxima de la antena de la estación de tierra. Puede esperarse que Gt, la ganancia de la antena del transpondedor se mantenga constante en situaciones normales, aunque variara en

función del ángulo de elevación y su valor efectivo estará determinado por la actitud de la aeronave. El número de respuestas en un haz permanece proporcional al tiempo de permanencia en el haz y a la frecuencia de repetición de impulsos. El tiempo de permanencia en el haz está definido como la anchura del haz (en grados) dividida por la velocidad de exploración de la antena(en grados/segundo). [9]

$$\text{Núm. De respuestas} = \frac{\text{anchura de haz (grados)} \text{ PRF (s}^{-1}\text{)}}{\text{Velocidad de exploración de la antena}}$$

2.3- Equipo del SSR

2.3.1- SISTEMA INTERROGADOR-RECEPTOR

2.3.1.1- Diagrama de bloques del interrogador- receptor

Un sistema completo de radar secundario comprende los equipos de tierra: interrogador, receptor, procesador de datos y presentación, y los respondedores de a bordo que estén bajo el radio de acción del interrogador-receptor.

En la figura 2.2 se presenta un diagrama de bloques de un radar secundario completo, con un mayor detalle en lo que se refiere al emisor y al receptor. Es de señalar que las características básicas que deben cumplir los equipos de radar secundario se hallan especificadas en el Anexo 10 de OACI (Ver Anexo 2 de este documento). En la tabla 2.2. aparecen las características de los radares IRS- 20MP que vienen utilizando la Administración de Aviación Civil de España.

2.3.1.2- Sincronizador

El sincronizador es la unidad que produce los disparos de sincronismo que determinan la frecuencia de repetición de interrogaciones (PRF) y el sincronismo con el radar primario asociado, si lo hubiese. El valor del PRF, según normas de OACI, no superará las 450pps, lo que representa un alcance teórico y mínimo de 180 millas náuticas.

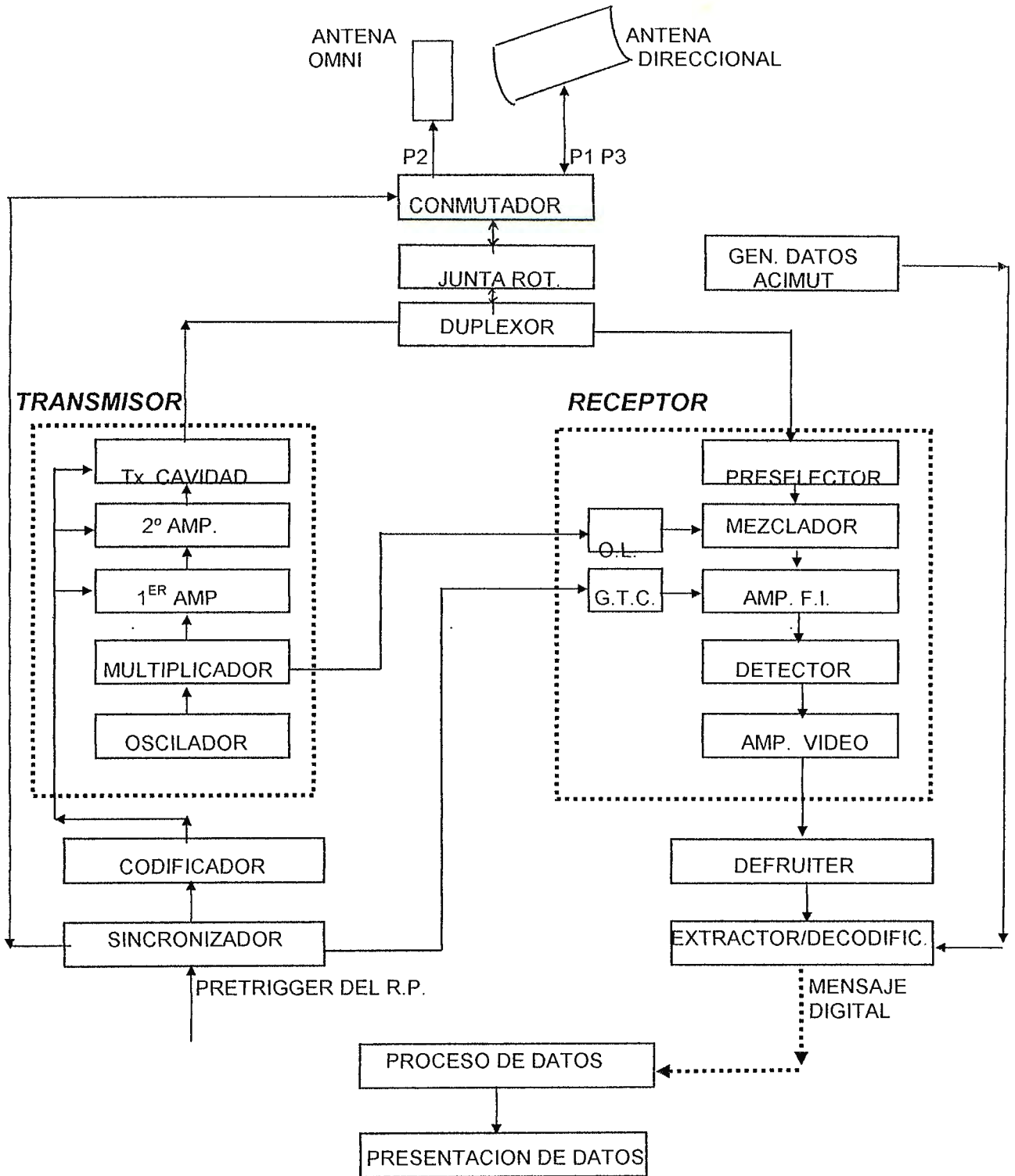


Figura 2.2. DIAGRAMAS DE BLOQUES DE UN RADAR SECUNDARIO

El disparo de sincronismo puede originarse internamente en el sincronizador o recibirse del exterior, generalmente el radar primario asociado con el que ha de mantenerse el sincronismo. Este sincronismo entre primario y secundario se hace necesario ya que la presentación de los datos se realiza en un indicador común el cual también debe mantener el sincronismo del origen de tiempos con ambos radares. En los casos en que el radar primario sea de menor alcance que el secundario será preciso dividir el PRF del primario para obtener los pulsos de disparo del secundario con una frecuencia submúltiplo.

CARACTERISTICAS	IRS-10	IRS-20
<u>TRANSMISOR</u>		
FRECUENCIA DE TRASMISION	1030 +/- 0,2 Mhz	1030 +/- 0,1 Mhz
POTENCIA DE PICO	1.500 W	1.500 W
FRECUENCIA DE REPETICION (PRF)	450 p.p.s.	333 p.p.s.
ALCANCE MAXIMO	200 MN	255 MN
<u>RECEPTOR</u>		
FRECUENCIA DE RECEPCION	1.090 +/- 0.2 Mhz	1090 +/- 0,1MHz
FRECUENICA INTERMEDIA	60Mhz	60 Mhz
ANCHO DE BANDA	> 10 MHZ	> 10 Mhz
SENSIBILIDAD	-80 dBm	-82 dBm
<u>ANTENA</u>		
TIPO	Gran Apertura Vertical (LVA)	Gran Apertura Vertical (LVA)
GANANCIA (HAZ SUMA)	21dB	21Db
POLARIZACION	VERTICAL	Vertical
VELOCIDAD DE GIRO	7,5 +/- 1 R.P.M.	7,5 +/- 1 R.P.M.

TABLA 2.2- CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LOS RADARES IRS-10 e IRS-20 MP

El pre-disparo del radar secundario ha de generarse aproximadamente 50 μ s antes del disparo del primario o tiempo- cero, de forma que durante los 50 μ s sea posible generar los pulsos

de interrogación del modo más largo ($25\mu\text{s}$) y recibir una respuesta completa de un respondedor que estuviese situado a distancia cero del radar (ver figura 2.3). De esta forma el momento en que se reciba toda la información de respuesta coincidirá con el tiempo-cero del radar primario y la presentación se realizará correctamente a distancia nula.

2.3.1.3- Codificador

El codificador producirá a partir del pre-disparo, los pulsos correspondientes a los modos de interrogación.

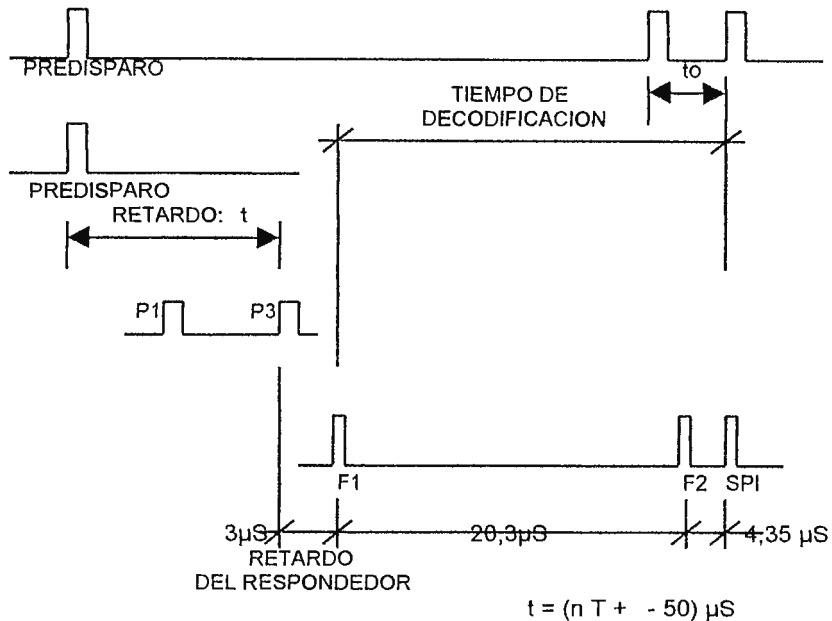


Figura 2.3- RELACION DE LOS PULSOS DEL RADAR SECUNDARIO CON EL ORIGEN DE TIEMPOS

A partir del pre-disparo, el modo de interrogación producido, no es siempre el mismo. Generalmente se programa una cierta alternancia o entrelazado de modos, de manera que la aeronave conteste de diferente forma, ya sea con una clave militar. Es habitual utilizar en radares de aproximación el entrelazado XXY (por ejemplo, AAC) y en ruta entrelazado XYXZ que puede ser, ACA 2). En ocasiones, cada 2 ò 3 vueltas de antena se alterna un entrelazado programado (por ejemplo, en una vuelta se emite ACC y en otra AAA). Es de notar que el modo A debe

presentarse en mayor proporción que los demás del entrelazado, ya que corresponde a la identificación y servirá para validar la presencia de blanco en el extractor.

Independientemente del modo de interrogación que se emita, la frecuencia de repetición de interrogación puede ser variada de forma alterna, es decir, haciendo que los intervalos de interrogación varíen su duración alternadamente. Esta forma de operación, llamada generalmente "stagger", permite mediante una correlación entre intervalos consecutivos, en el "defruiter" o en el extractor, eliminar las respuestas llamadas de "segunda vuelta", es decir, aquellas que se reciben en el intervalo siguiente a la interrogación a que corresponden. Así mismo, el "stagger" permite eliminar las respuestas dirigidas a otro radar cuyo PRF básico sea el mismo que el del radar propio.

Es de notar que en caso de que no se eliminen las respuestas de "segunda vuelta" aparecerán en el indicador de radar en un lugar falso y posiblemente con un código disparatado ya que pueden ser respuestas de identificación, debido al cambio de modos de interrogación del entrelazado.

Como ya se ha dicho las interrogaciones se forman con los pulsos, denominados P1 y P3, cuya separación constituye el modo de interrogación (fig. 1.36). La duración de cada pulso es de $0,8\mu\text{s}$ siendo los tiempos de subida y bajada de $0,1\mu\text{s}$ según se especifica en el Anexo 10 de OACI. (Fig. 2.4).

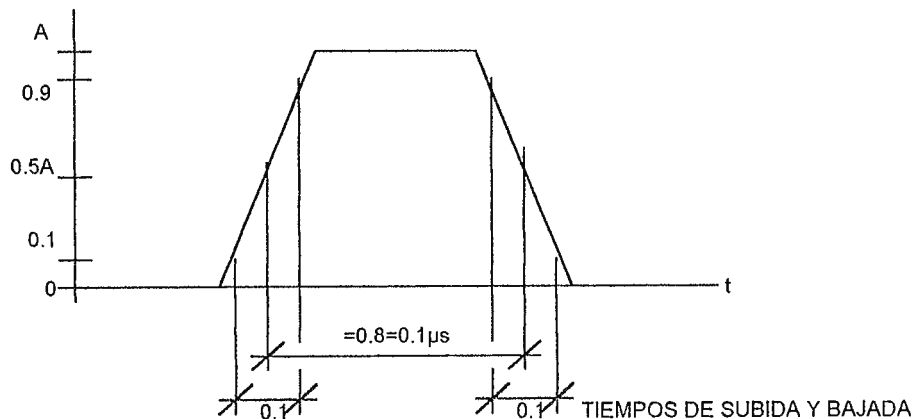


Figura 2.4- DIMENSIONES DE LOS PULSOS DE INTERROGACION P1, P2, P3

Además de los pulsos P1 y P3 el codificador genera el pulso P2 , retrasado $2\mu\text{s}$ respecto a P1 y con las mismas dimensiones que este. La función del pulso P2, también llamado de control, es la de eliminar la interrogación que producirían los lóbulos laterales si no existe la función llamada de “supresión de lóbulos laterales” ò SLS (del inglés “Side Lobe Supression”).

2.3.1.4- Respuestas a lóbulos laterales

Los lóbulos laterales producidos por la antena direccional del radar secundario son de intensidad muy apreciable, ya que nominalmente, sólo son inferiores al principal en 24 dB. Así pues, los pulsos de interrogación P1 y P3, radiados por dichos lóbulos, pueden llegar al respondedor de una aeronave incluso a distancias muy considerables, provocando la respuesta correspondiente, que se recibirá por el mismo lóbulo interrogador.

Las respuestas así captadas por el radar serán presentadas en el indicador PPI a la distancia en que está situado el blanco real, pero con una desviación en acimut correspondiente al ángulo que formen el lóbulo interrogador con el principal, ya que el falso blanco aparecerá en el acimut a que está orientada la antena en ese momento.

Si las respuestas se producen por interrogación de todos o varios lóbulos, el vídeo correspondiente formará anillos o arcos de circunferencia más o menos extensos. A este fenómeno se le conoce en inglés con el nombre de “ring around”, que podemos traducir por “anillos”. Esta denominación se aplica por extensión a todo falso blanco procedente de interrogación por lóbulo lateral, aunque no se llegue a formar un anillo o arco, sino que se trate de blancos sueltos (fig. 2.5).

Es de notar que el error en acimut debido a la interrogación por lóbulos laterales, es superior al debido a otras causas, tales como reflejos y partición (“split”), que más tarde analizaremos.

Para la supresión del efecto producido por los lóbulos laterales se utiliza un dispositivo llamado SLS ("Side Lobe supression"). El SLS consiste en la radiación por medio de una antena omnidireccional de un pulso P2, separado $2\mu\text{s}$ del P1 y con intensidad superior a la de los pulsos P1 y P3 radiados por lóbulos laterales, es decir, el diagrama de radiación de la antena omni es un círculo que cubre el diagrama de lóbulos laterales (fig. 2.6).

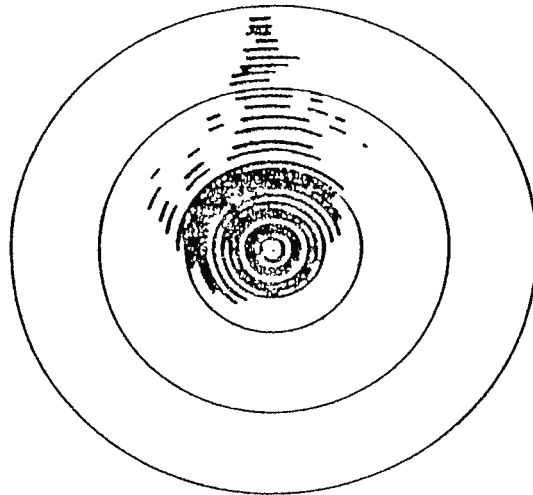


Figura 2.5- RESPUESTAS A LOBULOS LATERALES

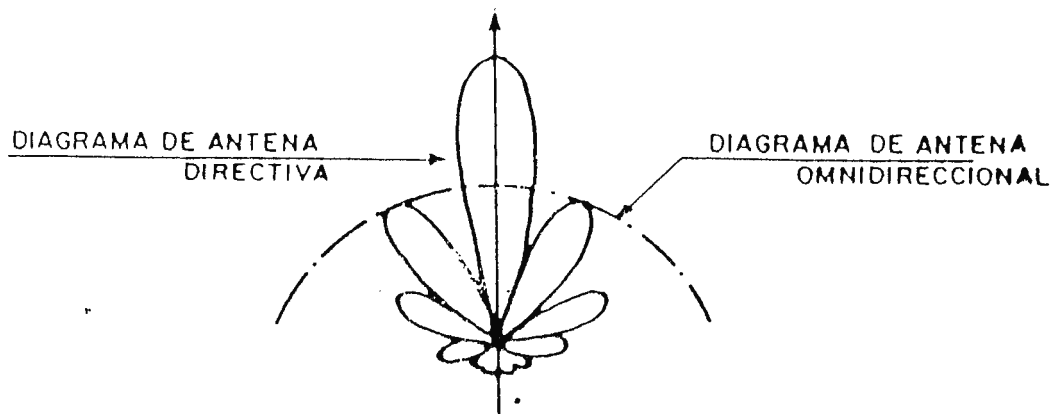


Figura 2.6- DIAGRAMAS DE ANTENAS

El respondedor de una aeronave compara la amplitud de los pulsos P1 y P2 de forma que si P1 supera 9 dB a P2, lo cual ocurre si el avión está situado dentro del lóbulo principal, se produce la contestación automáticamente. Si la aeronave no está en el lóbulo principal recibirá el pulso P2 con mayor amplitud que P1 y el respondedor no producirá ninguna respuesta.

El proceso de comparación de pulsos en el respondedor se realiza de la siguiente forma, al recibirse un pulso de duración superior a $0,7\mu\text{s}$, el receptor se desensibiliza hasta un nivel de 9 dB por debajo de la amplitud del pulso recibido, recuperándose la sensibilidad en 3,5 dB $\text{c}/\mu\text{s}$. En consecuencia, si el avión está en el lóbulo principal, una vez recibido el P1, se produce una desensibilización que no permite captar el P2 (ya que éste debe ser de 12 a 17 dB inferior al P1).

Si la aeronave no se encuentra en el lóbulo principal, el P2 es superior al P1 y, por tanto, la desensibilización del respondedor no impedirá que sea detectada, así pues, la presencia de ambos pulsos impedirá la respuesta y provocará la inhibición del respondedor durante $35\pm 10\mu\text{s}$. La carencia de respuesta y el bloqueo del respondedor son también beneficios para evitar un exceso de respuestas que elevaría la relación de trabajo del mismo y aumentaría el número de señales en el espacio, que serían captadas como señales asíncronas por otros radares.

La relación de potencias radiadas de P1 y P2 debe estar comprendida entre 12 y 17 dB, ya que la potencia radiada del pulso P2 deberá ser, según se ha dicho, superior a la de los lóbulos laterales, pero no excesiva, pues podría suprimir respuestas a interrogaciones del lóbulo principal.

Conviene hacer notar que las potencias medidas en el transmisor no coinciden con las emitidas, ya que hay que considerar la atenuación de líneas y conectores y la ganancia de cada una de las antenas para obtener la relación de potencias. Por otra parte, las potencias recibidas

por el respondedor pueden presentar discrepancias con las calculadas, debido a las deformaciones de los diagramas de radiación.

2.3.1.5- Transmisor

El transmisor genera, a partir de los pulsos de modo recibidos del codificador, los pulsos de radiofrecuencia que han de ser emitidos por las antenas.

Un oscilador produce la señal portadora a la frecuencia de 1030 Mhz. Esta señal se modula por los pulsos P1, P2 y P3 y se amplifica hasta un máximo de 2.000 vatios. El anexo 10 de O.A.C.I. recomienda que la potencia radiada no debe ser superior a la estrictamente necesaria para cubrir el área prevista en cada emplazamiento del radar. Esto evitará interrogar a aeronaves excesivamente alejadas y reducirá las interrogaciones reflejadas.

2.3.1.6- Duplexor y conmutador de SLS

Las señales producidas en el emisor han de ser encaminadas a las antenas y al mismo tiempo ha de aislarse convenientemente el receptor de forma que dichas señales no penetren en el mencionado receptor ya que la elevada potencia de los pulsos transmitidos deterioraría las primeras etapas de recepción. Esta función la realiza el **duplexor** que puede ser un elemento de ferrita o bien un circuito que conmute el transmisor o el receptor a la antena mediante una puerta que habilite el paso a uno u otro.

El **conmutador de SLS** es un circuito que encamina los pulsos P1 y P3 para ser emitidos por el diagrama direccional mientras que el pulso P2 es enviado al canal correspondiente a la emisión omnidireccional. El circuito de RF se controla mediante una puerta procedente del Sincronizador (fig. 2.2, puerta P'2).

Cuando el radar está dotado de la función "Supresión de Lóbulos Laterales con Interrogación Mejorada" (IISLS), entonces es preciso dividir la potencia del pulso P1 en dos pulsos

P'1 y P''1 y distribuirlos, respectivamente, a los dos diagramas direccional y omnidireccional, por ello habrá que disponer de un duplexor que divida la potencia de P1 y los correspondientes controles para encaminar cada una de las señales P'1 y P''1 por las vías y en los momentos oportunos. (Fig. 2.7).

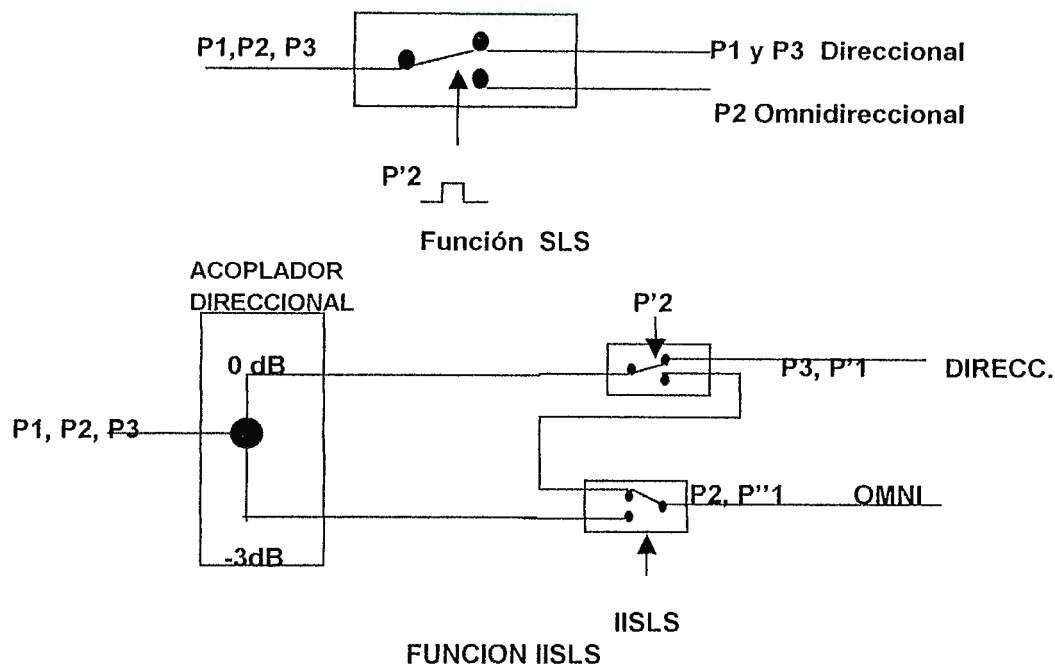


Figura 2.7- ESQUEMA DE DISTRIBUCION DE LOS PULSOS DEL INTERROGADOR A LAS ANTENAS DIRECCIONAL Y OMNIDIRECCIONAL

2.3.1.7- Antenas

Los pulsos de interrogación han de radiarse de una forma directiva ya que la posición de la antena al recibirse la respuesta, por el mismo haz de radiación, determinara la posición del blanco en acimut. En consecuencia, el diagrama horizontal de radiación deberá ser estrecho con un ángulo aproximado de $2,5^\circ$ y los lóbulos laterales de dicho diagrama deberán estar 25 dB, aproximadamente, por debajo del principal. La polarización es siempre vertical.

La antena de tipo "abanico" (fan-beam), también llamada de "artesa" (hog-trough) ha sido la más utilizada hasta los años 70. Consta de ocho elementos radiantes alineados sobre un soporte

de nueve metros, aproximadamente. El diagrama vertical es de 40° a 50° de anchura. Las características principales de este tipo de antenas figuran en la tabla 2.3.

CARACTERISTICAS	ANTENA DE ABANICO	ANTENA LVA	ANTENA OMNIDIRECCIONAL
DIMENSIONES	9 X 0,4 m	9 x 1,5 m	-----
GANANCIA	21dB	21dB	4dB
POLARIZACION	VERTICAL	VERTICAL	VERTICAL
ANCHO DEL HAZ PRINCIPAL			
- HORIZONTAL	2,3°	2.35°	OMNIDIR
- VERTICAL	40° A 50°	32°	40° a 50°
PENDIENTE EN EL PUNTO INFERIOR DE 6dB	0,4 dB/grado	1,8dB/grado	0,4 dB/grado
LOBULOS LATERALES (POR DEBAJO DEL PRINCIPAL):			
- HORIZONTAL	25 dB	28 dB	-----
-VERTICAL(inferior)	25dB	12dB	-----

TABLA 2.3- CARACTERISTICAS GENERALES DE ANTENAS

Las antenas anteriormente descritas han de ser complementadas con una antena que produzca un diagrama horizontal de radiación onmidireccional y por la cual se emita el pulso P2, para la función SLS. Esta antena debería instalarse en el eje de giro de la antena direccional, pero frecuentemente se sitúa sobre la barandilla de la torre de antenas. (Características en tabla 2.3).

Actualmente los nuevos equipos de radar secundario se instalan con antena de gran apertura vertical LVA (Large Vertical Aperture) (También denominadas Open Plannar Array: OPA).

Estas antenas constan de una formación de dipolos dispuestos en filas y columnas cuya alimentación está controlada en fase y amplitud mediante una matriz y es capaz de producir un diagrama Suma (Σ), otra diferencia (Δ) y un diagrama de Control, omnidireccional (Ω).

En la parte posterior de la formación hay una columna de dipolos que mejora la forma del diagrama de control.

Todos estos diagramas permiten utilizar las antenas LVA en los radares secundarios monoimpulsos. En los radares secundarios convencionales se utiliza el diagrama suma, Σ , para emitir los pulsos P1 y P3 y el diagrama de control, Ω , para la función SLS. El diagrama Diferencia, Δ , puede ser utilizado eventualmente en la función denominada Supresión de Lóbulos Laterales en Recepción, RLSL, que será descrita posteriormente.

Las características de antenas LVA están especificadas en la tabla 2.3. Las figuras 2.8, 2.9, 2.10, 2.11 y 2.12 muestran diagramas de radiación típicos.

La antena direccional del radar secundario se instala sobre la antena del radar primario, cuando en la estación existen ambos, o sobre un pedestal que permita la rotación en 360 grados acimutales. El pedestal permitirá el paso de las señales desde la parte fija del mismo a la móvil, mediante la correspondiente junta rotatoria y estará dotado de cojinete, engranaje y motores necesarios para el giro.

Así mismo, asociado al pedestal existirá (en caso de no haber radar primario) un sistema que genere y envíe los datos de posición acimutal de la antena al sistema de proceso de datos e indicadores.

La generación y envío de los datos de acimut puede realizarse, o bien por sistemas de tipo "sincro", o bien mediante pulsos producidos cuando los agujeritos equidistantes situados en la periferia de un disco que gira la antena, se enfrentan a un haz luminoso que, al atravesarlo, produce las señales eléctricas denominadas "Pulsos de Control de Acimut", ARP, y se utiliza como origen de la cuenta de pulsos para cada vuelta de antena.

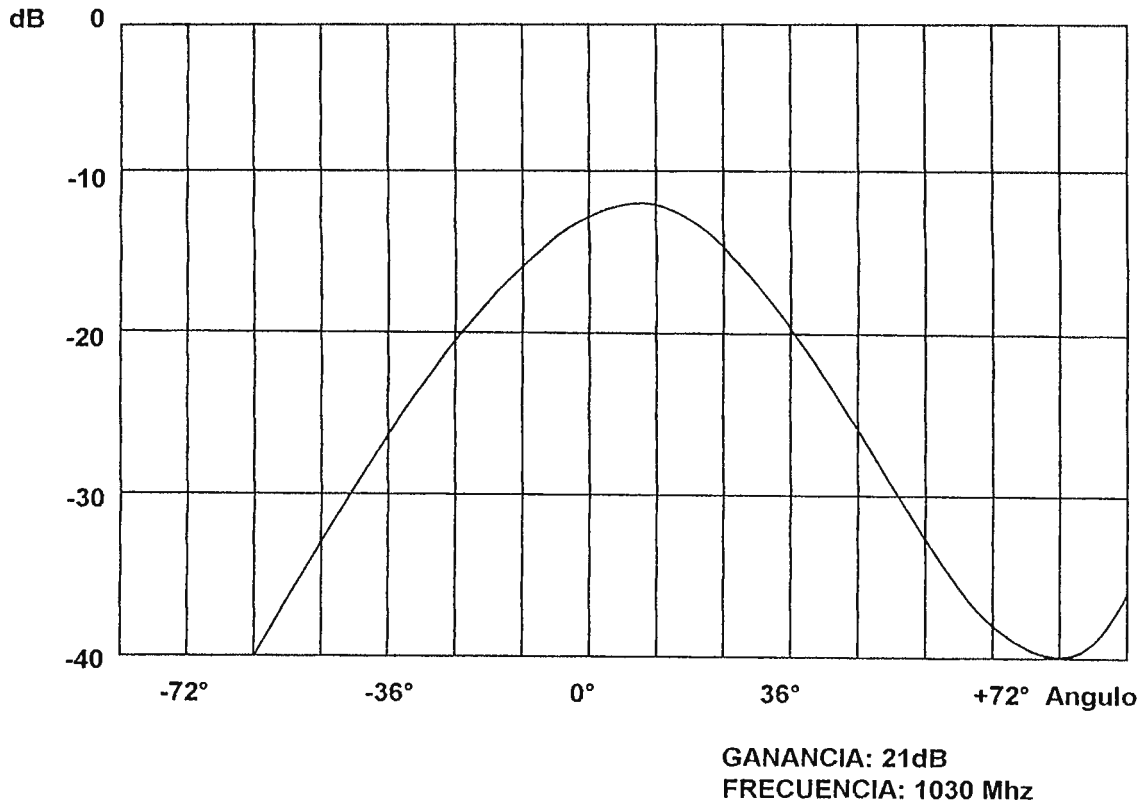


Figura 2.8- DIAGRAMA VERTICAL DE UNA ANTENA DE "ABANICO"

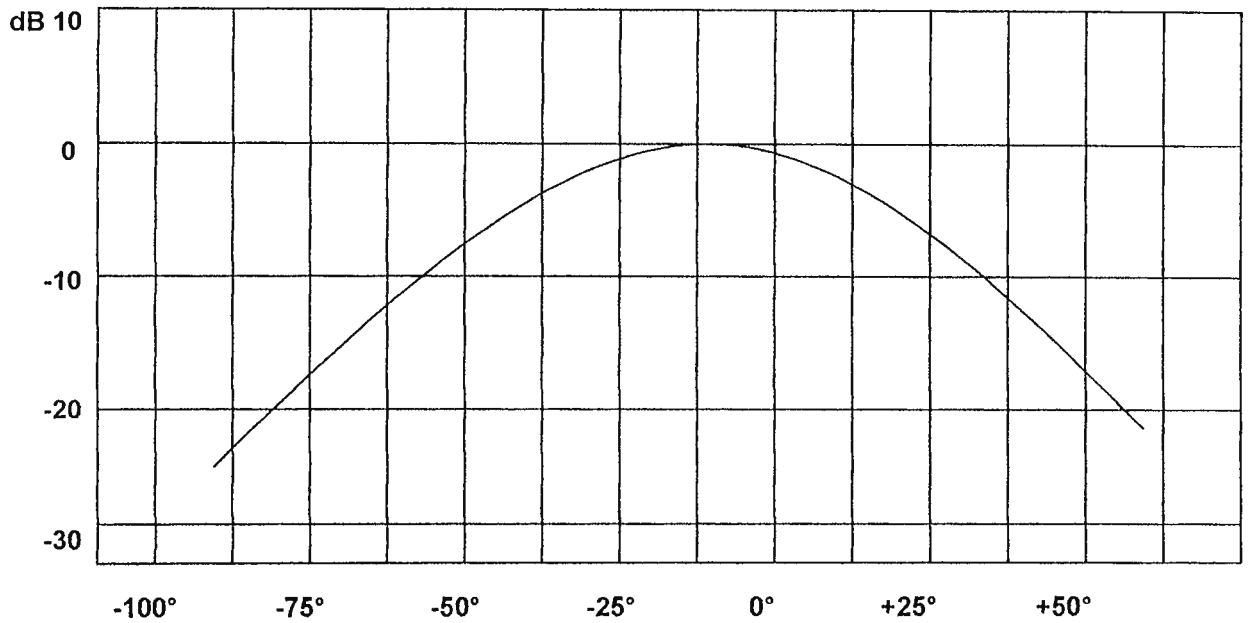


Figura 2.9- DIAGRAMA VERTICAL DE ANTENA OMNIDIRECCIONAL

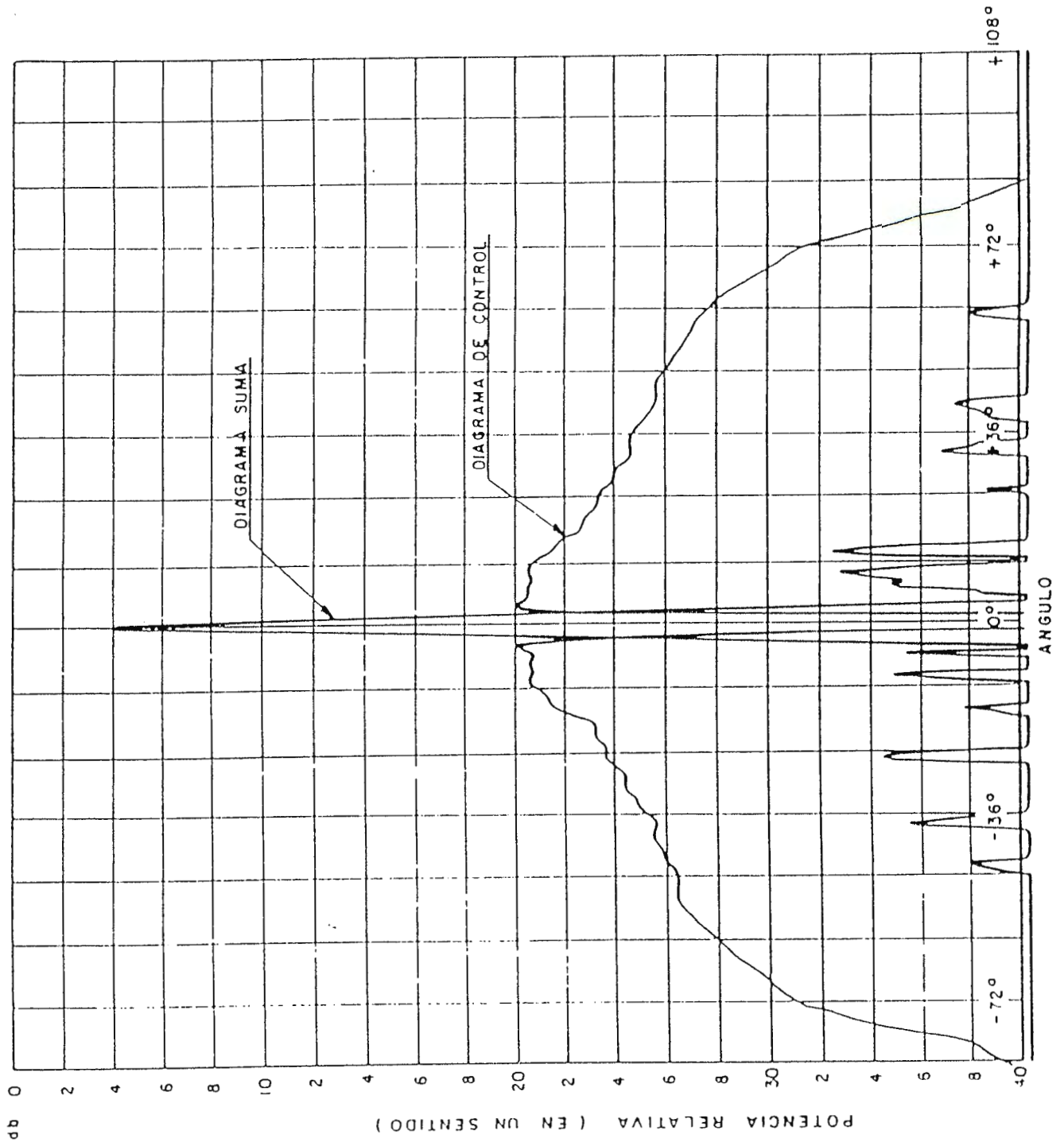


Figura 2.10- ANTENA LVA. DIAGRAMAS HORIZONTALES DE SUMA Y CONTROL A 1,030 Mhz

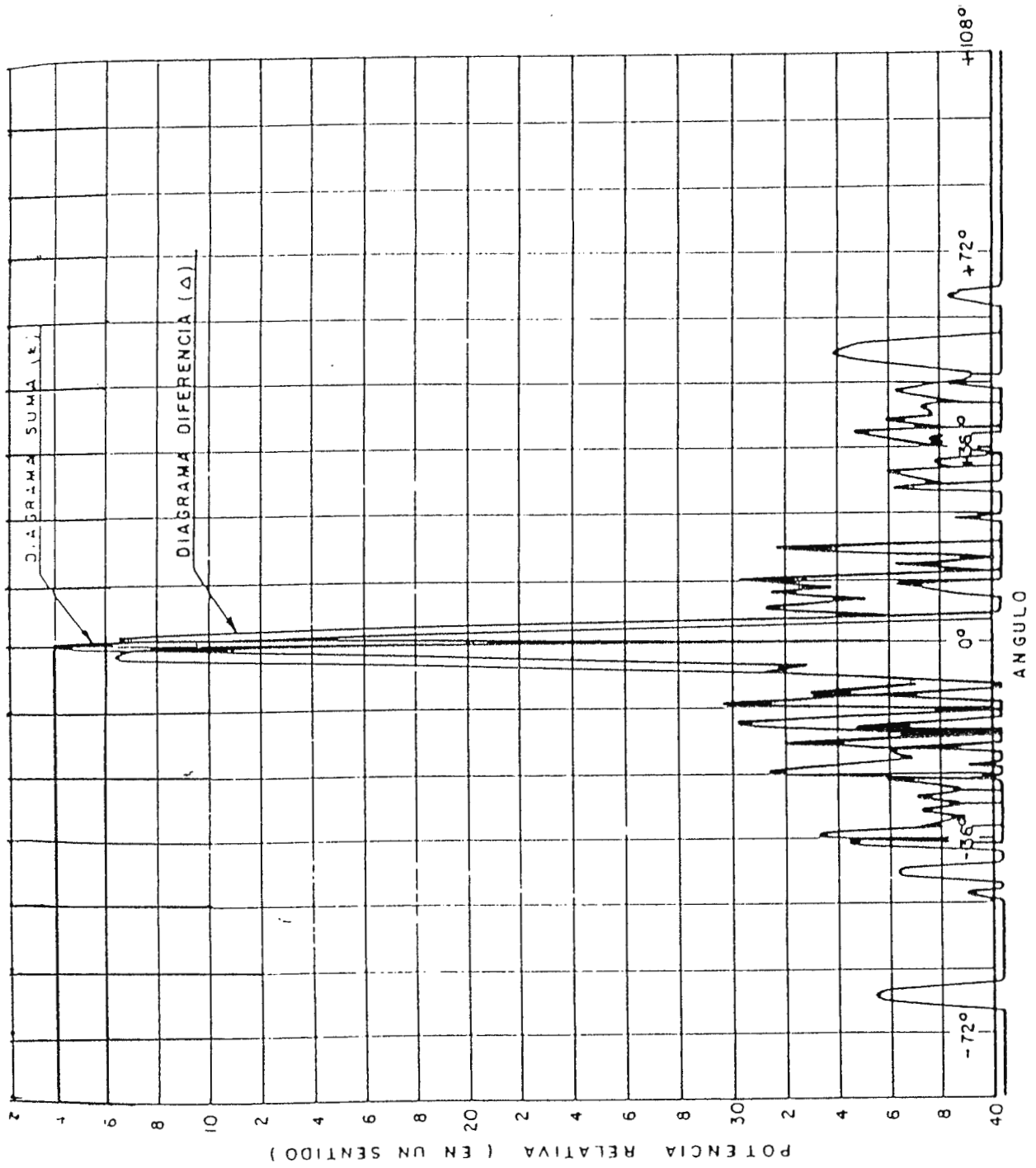


Figura 2.11- ANTENA LVA. DIAGRAMAS HORIZONTALES DE SUMA Y DIFERENCIA A 1.090 MHz

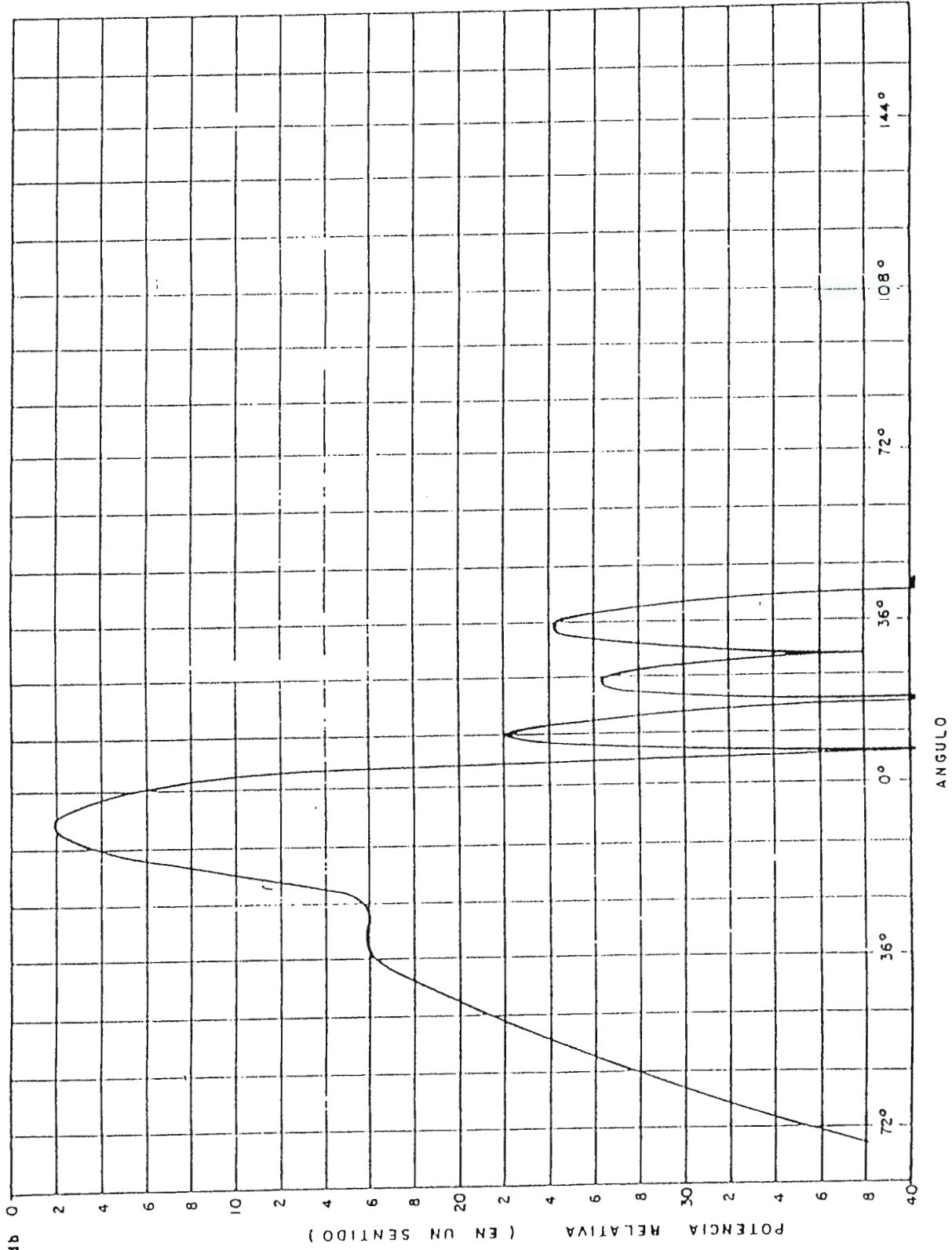


Figura 2.12- ANTENA LVA. DIAGRAMA VERTICAL A 10.30 MHz

**** Otras antenas utilizadas en el sistema SSR**

Antena de exploración electrónica, E-Scan

Antena SSR que consta de una serie de elementos radiantes de diagrama plano o diagrama circular. Una unidad de formación de haz permite dirigir electrónicamente el haz hacia el ángulo deseado de acimut mediante la aplicación desplazamiento de fase. Los elementos de la antena pueden ser activos o pasivos, dependiendo del orden en que se regulen el elemento de formación del haz y los transmisores.

Antena de paso de bocina.

Antena SSR que consta de elementos radiantes en diagrama lineal horizontal instalados en un ensamblaje de reflectores de esquina ampliado (de forma parecida a una bocina). La longitud del diagrama lineal es habitualmente suficiente para proporcionar una anchura de haz en acimut comprendida entre 2° y 3° , y él; reflector de bocina logra ordinariamente una anchura de haz comprendida entre $\pm 40^\circ$ y 45° . Pueden emplearse configuraciones de antena más cortas para fines especiales. Estas tienen mayor anchura de haz en acimut.

Antena reflectora

Antena que produce el haz por un método análogo a la óptica. En la mayoría de los casos se ilumina la superficie "reflectora" de la antena mediante una fuente de radiofrecuencias (p.ej., un ensamble de "bocina" de radiofrecuencias). Las dimensiones de la antena reflectora en el plano horizontal y en plano vertical, junto con las características de la fuente iluminadora, determinan la forma y la magnitud del haz radar producido.

Antena suma y diferencia

Antena de bocina o LVA que está eléctricamente subdividida en dos mitades. Las dos salidas de media antena se añaden en fase a un puerto de salida (suma,) y se añaden como antifase en un segundo puerto de salida (diferencia,) para producir señales de salida que son sensibles al ángulo de acimut de llegada de las señales recibidas, permitiendo que se obtenga un ángulo fuera de visada para la fuente de la señal.

Antena de control

Antena SSR que tiene un diagrama polar diseñado para "cubrir" los lóbulos laterales de la antena principal de interrogación. Se utiliza para radiar un impulso de control el cual, si su amplitud excede de la señal de interrogación asociada en la entrada del transpondedor, llevará a que el transponder impida las respuestas a impulsos de interrogación. Las antenas SSR modernas tienen elementos de control incorporados al diagrama principal. La antena de control se denomina también antena SLS (supresión de lóbulos laterales). [9]

2.3.1.8- Receptor

El receptor del radar secundario debe detectar las señales de respuestas procedentes de los respondedores y amplificarlas hasta el nivel necesario para su procesado y todo ello sin distorsiones y conservando al máximo la forma de los pulsos. El receptor puede tener como primera etapa un amplificador de radiofrecuencia de bajo nivel de ruido.

Las características principales del receptor son: superheterodino, frecuencia del oscilador local, 1030 Mhz, frecuencia intermedia, 60 Mhz, amplificador de frecuencia intermedia dotado de un control de ganancia en función del tiempo, GTC (también llamado STC: "Sensitivity Time Control"), salida del amplificador de vídeo de 2,5 a 4 volt.

La relación señal a ruido, S/N es del orden de 8 dB. El paso de banda: $B=10\text{MHz}$. Esta anchura viene dada por la duración de los pulsos, ya que el ancho de banda debe ser aproximadamente la inversa de la duración del pulso aumentado por la deriva permitida al respondedor, $\pm 3\text{ Mhz}$.

La sensibilidad o Señal Mínima Detectable, MDS ha, de ser de -88 dBm , según OACI. Otro concepto es la "sensibilidad tangencial" que representa el nivel de señal de entrada que produce a la salida de vídeo un nivel de señal igual al nivel de ruido. La "sensibilidad tangencial" será, según FAA, menor o igual que -85 dBm . En cuanto al margen dinámico del receptor deberá cubrir desde el nivel mínimo de sensibilidad hasta, al menos 24 dB sobre dicho umbral.

2.3.1.9- Eliminador de señalador asincronas ("Defruiter").

El receptor del radar secundario detecta y amplifica las señales de 1090 Mhz que recibe procedentes de todos los respondedores que estén dentro de su espacio de cobertura y que contesten e interroguen del radar propio o de cualquier otro cuyas señales les lleguen. Así pues, pulsos de respuestas captadas por el radar deben ser filtrados de forma que se eliminen todas las señales que, al no ser sincronas con las interrogaciones del radar propio, no son utilizables con este. Estas señales asincronas son conocidas, en la jerga de radar, como "fruit".

El circuito eliminador de señales asincronas, también llamado "defruiter", se halla situado a la salida del receptor propiamente dicho y acepta los pulsos de vídeo detectados y amplificados. La eliminación de los pulsos asincronos se realiza por comparación de todas las señales contenidas en un intervalo, o período de repetición del sistema con las señales del intervalo siguiente. Las señales procedentes de un respondedor que contesta al radar propio estarán situadas, en tiempo, en la misma posición en dos intervalos consecutivos, mientras que señales de respuestas a interrogaciones de otro radar no estarán en la misma posición en los intervalos

del sistema propio, En consecuencia, si se llevan las señales de dos intervalos consecutivos a un circuito comparador, por ejemplo una puerta "AND", podemos obtener a la salida de dicho circuito, los pulsos que corresponden a señales síncronas con el sistema de radar propio.

2.3.1.10- Extractor

El extractor de datos o digitalizador es la unidad que, a partir de las señales de vídeo entregadas por el receptor o el eliminador de señales asíncronas, **genera un mensaje digital que contiene información de distancia, acimut, altitud e identidad del blanco**. También puede contener información auxiliar como: correlación con datos de radar primario, paridad, etc. **Este mensaje se denomina generalmente "plot"**.

El extractor realiza varias funciones antes de producir el mensaje de salida, entre las que se pueden citar: supresión de respuestas asíncronas, si no las ha eliminado el circuito correspondiente (defruiter"), eliminación o indicación de situaciones de solape de respuestas ("garbling"), combinación de respuestas en un sólo mensaje (plot) eliminando las posibles carencias de respuestas: supresión de respuestas falsas causadas por lóbulos laterales y reflexiones. Todas estas funciones deben ser efectuadas por el extractor en tiempo real.

Si bien la realización práctica de un extractor puede responder a distintos tipos de diseño, los extractores más comunes corresponden a la técnica llamada de "ventana deslizante" y su configuración típica es la que se describe a continuación y está representada en la fig. 2.13. La primera fase de la extracción la realiza la unidad denominada cuantificador y detector de respuestas. (Fig. 2.14).

Esta unidad recibe las señales de vídeo y las cuantifica, es decir, selecciona las que sobrepasan un determinado umbral y las iguala en amplitud. Asimismo elimina todas aquellas

cuya duración sea inferior a $0,24\mu\text{s}$, ya que se supone son pulsos de ruido. A continuación se detecta la presencia de respuestas, mediante un contador o línea de retardo, que identifique la existencia de dos pulsos (F1 y F2) separados $20,3\mu\text{s}$. Cuando ésta determinación se realiza, el grupo de pulsos comprendido entre los F1 y F2 constituye una respuesta que pasará a la unidad de validación de códigos.

La unidad de **validación de códigos** (fig. 2.15) en una primera fase comprueba que la respuesta es correcta para lo cual eliminará las comprendidas entre los pulsos C2 y SPI, si existen, ya que al estar separados entre sí $20,3\mu\text{s}$ el circuito detector de respuestas los habrá tomado como pulsos F1 y F2.

Así mismo, determinará si la respuesta es aislada o pertenece a alguna situación de "solape" ("garbling"). Esto se realiza mediante la comprobación de la existencia de otras respuestas en los intervalos de $24,65\mu\text{s}$, anterior y posterior que corresponden a la duración de una respuesta con SPI. Por último, se comprueba la posición de cada impulso con referencia a F1 y se eliminan posibles pulsos espúreos.

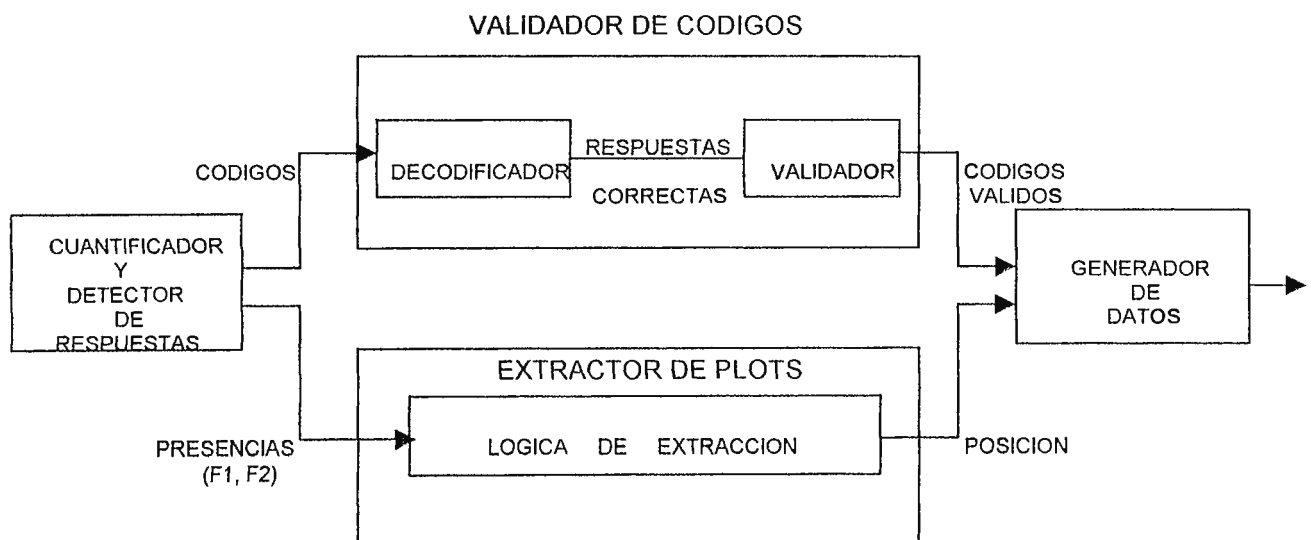


Figura 2.13- FUNCIONES ESENCIALES DE UN EXTRACTOR

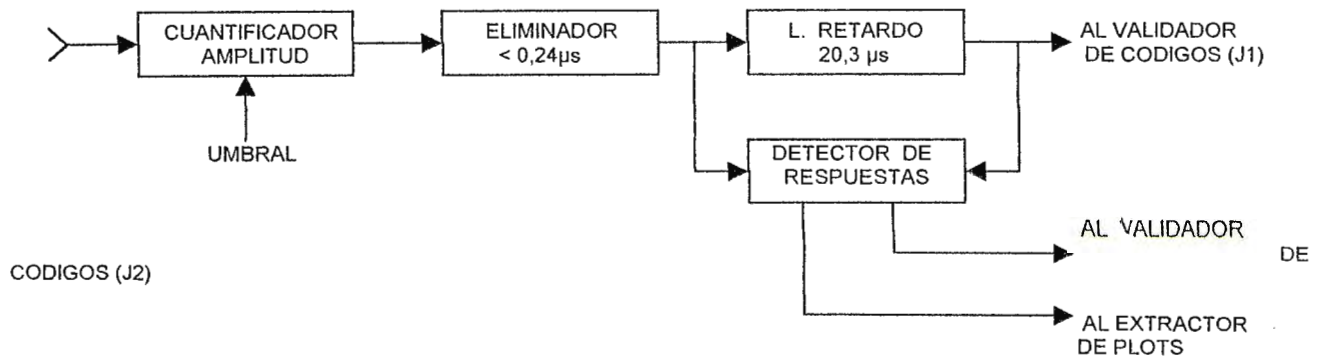


Figura 2.14- CUANTIFICADOR Y DETECTOR DE RESPUESTAS

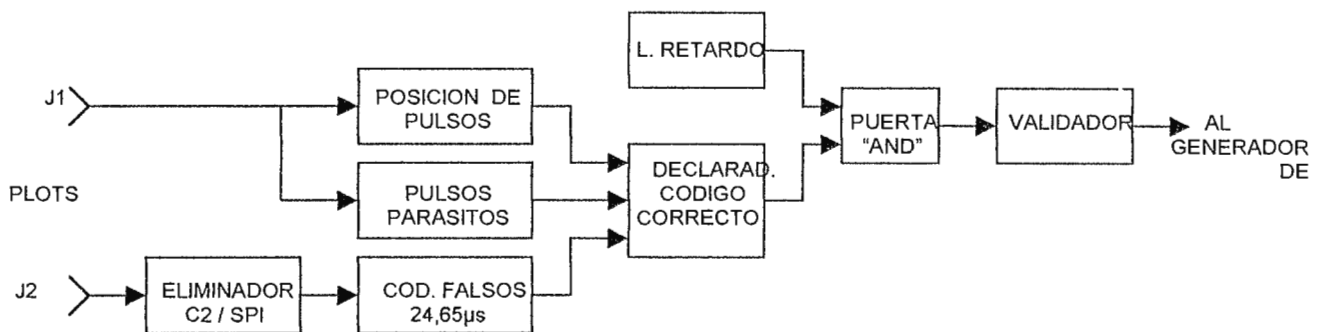


Figura 2.15- VALIDADOR DE CODIGOS

Las respuestas así tratadas son consideradas como respuestas correctas y pasarán a la fase de validación. El circuito de validación compara los códigos consecutivos, correspondientes a un mismo modo, almacenados en la misma célula de distancia y si hay un determinado número de coincidencias, declara el código válido.

La unidad denominada “extractor de plot” realiza la función de extracción propiamente dicha. Consiste ésta en la comprobación de la existencia de un blanco a una determinada distancia y en un determinado acimut. Esta comprobación se realiza por el método de la “ventana deslizante”.

Este método consiste en crear una “ventana” electrónica que explora en una determinada célula de distancia la presencia de respuestas al modo A. La “ventana deslizante” consta de un determinado número n de posiciones. Cada vez que aparece una respuesta al modo A, a una

distancia determinada la ventana carga un uno (1) y un cero (0) en caso de que en la recurrencia correspondiente no aparezca ninguna respuesta. Los unos y ceros se van desplazando por las posiciones de la ventana hasta ir saliendo de ella.

El criterio de extracción tiene dos fases, la primera establece la iniciación del plot cuando se ha cumplido una exigencia mínima de ceros y unos en la ventana, por ejemplo, cuando hay por primera vez tres unos se establece el inicio. La terminación del plot debe atender a otro criterio, por ejemplo, que disminuya por debajo de un mínimo el número de unos. La figura 2.16 ilustra un ejemplo de la carga, inicio y final de un plot.

El acimut del plot debe ser calculado por el extractor en función de los acimutes de inicio y final del plot y teniendo en cuenta que el acimut real no está en el acimut medio, sino que hay que aplicar una corrección, ya que existe una asimetría debido a que, tanto el inicio como el final, medidos se encuentran desplazados respecto a los verdaderos.

Si se tiene en cuenta que las primeras y últimas respuestas llegan por los límites del diagrama de radiación, es posible que se pierda alguna respuesta con lo que se introducirá un error en la posición calculada del acimut.

Este hecho es el que ha movido al desarrollo de los sistemas de radar secundario de tipo monoimpulso que utilizan otra técnica, distinta de la "ventana deslizante", para la extracción del plot. Dicha técnica proporciona una gran exactitud en la posición en acimut obtenida.

Por último, la unidad denominada "**generador de plots**" tiene como función la de asociar los códigos de identificación y altitud y con todos estos datos formar el mensaje digital que ha de ser enviado a los subsistemas de tratamiento y presentación de datos.

RECURRENCIA CON MODO A.	CARGA DE LA VENTANA							
1	1	0	0	0	0	0	0	← PRIMERA RESPUESTA RECIBIDA
2	1	1	0	0	0	0	0	← INICIO DEL PLOT
4	1	1	1	0	0	0	0	
5	1	1	1	1	0	0	0	
7	0	1	1	1	1	0	0	
8	1	0	1	1	1	1	0	
10	0	1	0	1	1	1	1	
11	1	0	1	0	1	1	1	
13	1	1	0	1	0	1	1	
14	1	1	1	0	1	0	1	← ULTIMA RESPUESTA RECIBIDA
16	0	1	1	1	0	1	0	
17	0	0	1	1	1	0	1	
19	0	0	0	1	1	1	0	← FINAL DEL PLOT



NUMERO DE INTERROGACIONES POR VUELTA: $N=15$
 NUMERO DE INTERROGACIONES EN MODO A: $N_A=10$
 ENTRELAZADO: A A C
 CRITERIO DE INICIACION DE PLOT: PRESENCIAS $\geq 3/7$
 CRITERIO DE FINALIZACION DE PLOT: PRESENCIAS $< 3/7$

FIGURA 2.16- EJEMPLO DE EXTRACCION DE UN PLOT

2.3.2- RESPONDEDOR

Como se menciono antes, el radar secundario como sistema se completa con el equipo de a bordo de la aeronave, que después de recibir las interrogaciones del equipo de tierra, emite las respuestas que proporcionan la posición del avión y los códigos de identificación y altitud. El equipo de a bordo, generador de respuestas es denominado **respondedor** o en inglés "**transponder**".

Como es obvio para completar una correcta operación del sistema de radar secundario es preciso que las interrogaciones sean captadas y procesadas por el respondedor, que éste genere y transmita la respuesta y que ésta sea recibida y procesada en el equipo de tierra. Hay que tener en cuenta que para la presentación de la información recibida es necesario que el número de respuestas recibidas en tierra supere un cierto umbral o criterio mínimo de validación de un blanco.

En este sentido hay que considerar que el respondedor puede limitar el número de respuestas emitidas, ya sea por exceso de interrogaciones recibidas, ya sea por la inhibición producida por las funciones SLS o IISLS o por la transmisión de la propia respuesta, lo que impedirá que el blanco llegue a presentarse en el indicador o pantalla de presentación de datos radar. Las características básicas de los respondedores se especifican en el Anexo 10 de OACI. Aquí se estudiarán las unidades más importantes, siguiendo el diagrama de bloques de la figura 2.17.

2.3.2.1- Receptor

El receptor del respondedor debe detectar las señales de interrogación, procedentes del equipo de tierra y amplificarlas hasta el nivel necesario para su procesado.

Las características principales del receptor son: superheterodino, frecuencia del oscilador local, 1030 Mhz, frecuencia intermedia, 60 Mhz, control del número de respuestas; circuito discriminador de anchura de pulsos, circuito discriminador de amplitud y SLS, amplificador de vídeo y circuito de control de salida de vídeo al decodificador.

En relación con la sensibilidad del receptor se define como "nivel mínimo de disparo" del respondedor, MTL, (del inglés: "minimum triggering level") el nivel de entrada de pulsos de interrogaciones correctas a la cual se genera el 90 % de respuestas. Se entiende por interrogaciones correctas aquellas en la que los pulsos P1 y P3 son de la misma amplitud y P2 no es detectado.

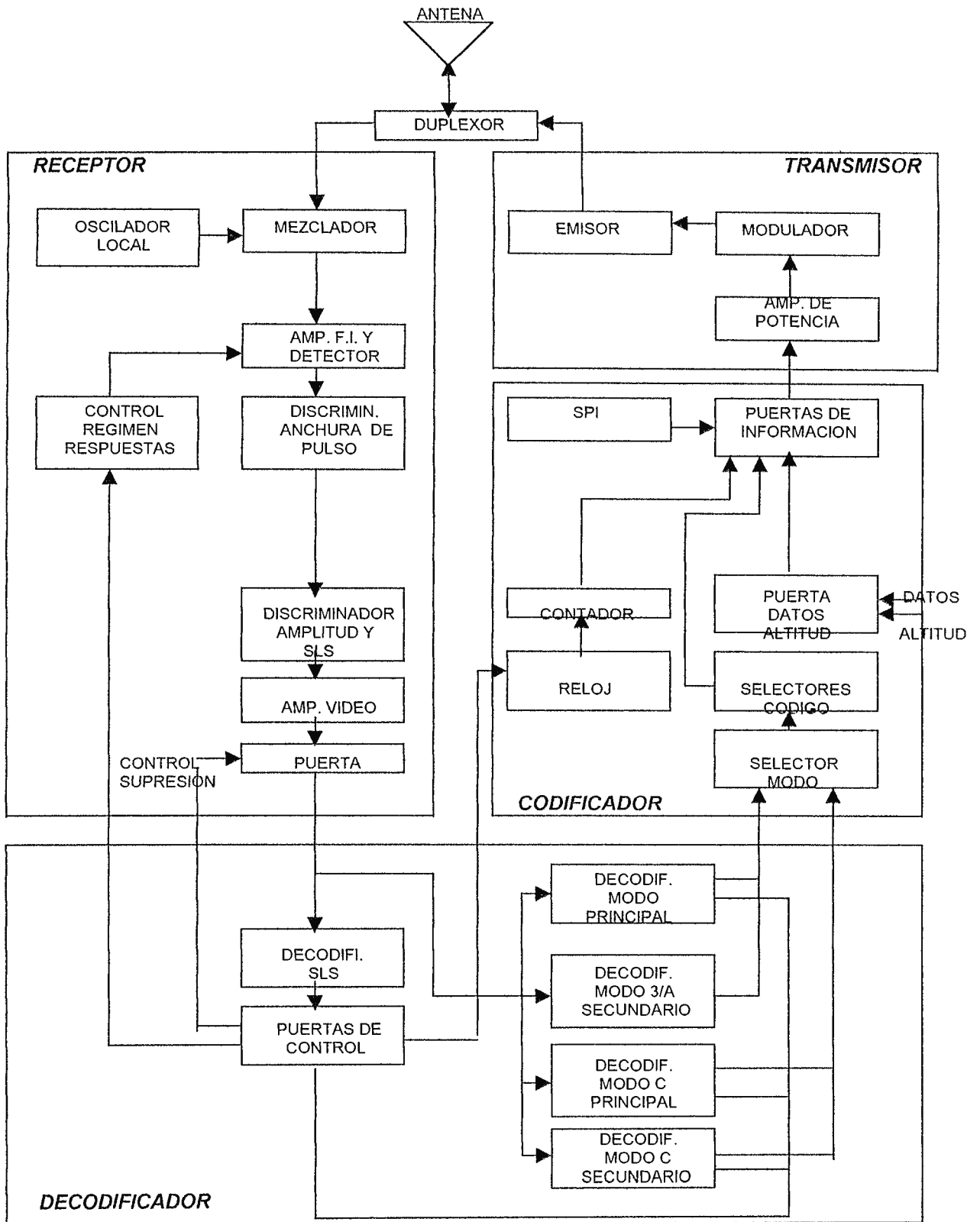


Figura 2.17- DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN RESPONDEDOR

El valor de la sensibilidad o MTL deberá estar entre -69 dBm y -77 dBm que será el nivel de las señales en el extremo próximo a la antena de la línea de transmisión que une aquella con el receptor. (Se supone que la pérdida en la línea es de 3 dB). La diferencia de valores de MTL entre modos no debe superar 1dB.

El discriminador de anchura de pulso desensibiliza el receptor a todos los pulsos cuya duración sea menor que $0,3\mu\text{s}$ aun cuando la amplitud de dichos este comprendida entre el MTL y 6 dB por encima del MTL. En consecuencia, los mencionados pulsos no podrán generar respuestas ni inhibiciones en el respondedor.

En el receptor del respondedor se produce una desensibilización cada vez que se recibe un pulso de anchura superior a $0,7\mu\text{s}$. La caída de sensibilidad deberá tener un valor comprendido entre la amplitud del pulso que ejerce la acción y 9 dB por debajo de dicha amplitud. Después de producida la desensibilización, el receptor recuperará su sensibilidad normal a un ritmo de 3,5 dB por μs transcurrido.

Esta acción de desensibilización se realiza con objeto de distinguir las señales que llegan a los respondedores procedentes del lóbulo principal o de los secundarios del equipo de tierra y en consecuencia emitir respuestas o no; es decir, responder a la función denominada SLS. El receptor incorpora también un circuito limitador del régimen de respuestas a transmitir.

Cuando el número de interrogaciones recibidas por el respondedor es muy elevado y en consecuencia el número de respuestas se aproxima al máximo tolerado por el transmisor, el circuito limitador del régimen de respuestas desensibiliza el receptor con objeto de que éste no capte aquellas de menor intensidad y que proceden de radares más alejados. La sensibilidad del receptor se reduce más de 3 dB y se produce cuando el número de respuestas se aproxima al 90% de un límite ajustable y que suele ser de 1.200 respuestas por segundo.

Muchos respondedores están dotados de un control manual que permite, mediante un conmutador seleccionar alta o baja sensibilidad ("squawk high/low"). Modernamente esta posibilidad está siendo eliminada de los respondedores.

2.3.2.2- Decodificador

El decodificador deberá, a partir del vídeo recibido del receptor, permitir al codificador generar la respuesta correspondiente al modo detectado por el decodificador. Por tanto, el decodificador tiene que determinar el modo de interrogación recibido mediante la medida de la separación de dos pulsos consecutivos, 8 ò 21 μ s según se trate del modo 3/A ò el modo C, respectivamente. Para realizar la función de identificación del modo, el respondedor cuenta con un circuito principal para el modo A y otro circuito principal para el modo C, además, dispone de otros dos circuitos secundarios para cada uno de los modos. (Ver figura 2.17).

Al llegar un primer pulso de interrogación a cada uno de los circuitos principales, se inicia el proceso de descodificación del modo. Al llegar un segundo pulso, y dependiendo de su separación respecto al anterior, se completa la descodificación en uno de los circuitos, inhibiéndose el otro durante 35 μ s, al mismo tiempo, se envía al codificador la orden de generar la respuesta correspondiente al modo identificado.

Los circuitos secundarios efectúan una descodificación análoga a la de los primarios, pero si estos son disparados por ruido, aquellos podrán completar la descodificación, asegurando de esta forma el correcto funcionamiento del respondedor.

Si es una interrogación en modo C, apareciera un pulso espùreo a 8 μ s, el decodificador identificaría un modo 3/A y se generaría una respuesta correspondiente a este modo. Esta respuesta aparecería en el indicador a una distancia inferior en una milla a la distancia verdadera,

ya que la respuesta se habrá producido $13\mu\text{s}$ antes de lo que se hubiese generado de haberse completado la descodificación del modo C.

Por otra parte, el decodificador deberá mediante el circuito de descodificación de SLS medir la distancia entre los pulsos consecutivos detectados y si esta distancia es de $2\pm 0,15\mu\text{s}$ es que se trata de los pulsos P1 y P2, no estando el respondedor situado en el lóbulo principal de radiación, y por tanto deberá generarse respuesta alguna durante la permanencia de dicha puerta, que es de $35\pm 10\mu\text{s}$.

2.3.2.3- Codificador

La función del codificador es producir los grupos de pulsos que compondrán las respuestas y que modularán la radiofrecuencia del transmisor. Al codificador llegan del decodificador, las señales que indican el modo de la interrogación detectada por el receptor.

Si se trata de un modo de identificación (por ejemplo el modo 3/A) la respuesta contendrá el código previamente seleccionado manualmente. Si se desea que la respuesta contenga también el pulso especial de identificación, SPI, éste habrá de ser seleccionado manualmente mediante, el mando correspondiente. Si el modo de interrogación recibido es el modo de altitud, C, entonces la respuesta se configura a partir de los datos de altitud que automáticamente envía el altímetro cuando no existen datos de altitud la respuesta será 0000.

La composición de las respuestas se especificó antes en el capítulo 1, apartado 1.7.6.1 (fig. 1.37). La duración de cada pulso es de $0,45\pm 0,1\mu\text{s}$ con un tiempo de subida comprendido entre $0,05$ y $0,1\mu\text{s}$ y un tiempo de bajada comprendido entre $0,05$ y $0,2\mu\text{s}$. La separación entre cada dos pulsos, en el caso de que estén presente todos los posibles (Código 7777 y pulso X) es de $1,45\mu\text{s}$ y la tolerancia, de la posición de cada pulso respecto al F1, será de $0,1\mu\text{s}$.

2.3.2.4- Transmisor

El transmisor genera, a partir de los pulsos de respuesta recibidos del codificador, los pulsos de radiofrecuencia que han de ser emitidos por la antena omnidireccional. Un oscilador produce la señal portadora a la frecuencia de 1090 Mhz. Esta señal es modulada por los pulsos de respuesta y amplificada hasta el nivel adecuado.

La potencia transmitida, medida en el extremo de la antena de la línea de transmisión que une dicha antena con el transmisor, será de 51 dBm, por lo menos, para aeronaves que operen a niveles superiores a 15.000 pies, y de 48,5 dBm, por lo que menos, para aeronaves que operen en niveles inferiores. La potencia transmitida nunca será superior a 57 dBm.

El flanco anterior del primer pulso de respuesta transmitido se producirá $3 \pm 0,5 \mu s$, después de recibirse el flanco anterior del pulso de modo P3, permitiéndose una fluctuación (jitter) de $0,1 \mu s$ siempre que la señal recibida sea superior a MTL, entre 3 y 50 dB. Las variaciones de retraso de las respuestas, entre modos no debe ser superior a $0,2 \mu s$.

2.4- COBERTURA DEL RADAR SECUNDARIO

2.4.1- Ecuación del alcance de la interrogación

El alcance máximo teórico de la interrogación producida por el radar secundario, en el espacio libre puede ser calculado en función de los parámetros siguientes: potencia transmitida, señal mínima detectada por el receptor del respondedor, ganancia de la antena del interrogador, ganancia de la antena del respondedor, longitud de onda y pérdidas globales.

La expresión que liga los parámetros antes citados se obtiene como sigue: Supongamos que el radar está situado en el espacio libre. Si el radar emite una potencia de pico P_i y la radiación es omnidireccional, en un punto alejado una distancia R_i la densidad de potencia será $P_i / (4\pi R_i^2)$,

ya que la potencia se habrá distribuido uniformemente en una esfera de centro en el radar y radio R_i . Puesto que la emisión se realiza con una antena de ganancia G_i la densidad de potencia será $(P_i G_i) / (4\pi R_i^2)$.

Si en el punto situado a distancia R_i existe un objeto de superficie A , entonces la potencia recibida en dicho punto es $(P_i G_i A) / (4\pi R_i^2)$ y sustituyendo el área en función de la ganancia de la antena del respondedor y de la longitud de onda, $A = (G_c \lambda^2) / (4\pi)$, la potencia recibida en el respondedor toma la expresión:

$$S_c = (P_i G_i G_c \lambda^2) / ((4\pi)^2 R_i^2)$$

y considerando las pérdidas globales, L_i queda:

$$S_c = (P_i G_i G_c \lambda^2) / ((4\pi)^2 R_i^2 L_i)$$

La expresión anterior permite calcular el alcance en función de la potencia de la señal recibida. El alcance será máximo cuando la potencia recibida en el respondedor sea la mínima que puede detectar su receptor:

$$R_i^2 \text{ máx} = (P_i G_i G_c \lambda^2) / ((4\pi)^2 S_{c \text{ min}} L_i)$$

Valores típicos que pueden alcanzar los parámetros de la anterior ecuación son:

$$P_i = 1.000 \text{ a } 2.000 \text{ w}; G_i = 21\text{dB}; G_c = 0\text{dB}; i = 1030 \text{ Mhz}; L_i \cong 1.5\text{dB}.$$

Si se supone que el nivel de señal mínimo para disparar el respondedor es $S_c = -69\text{dBm}$, entonces se tendrá que el alcance de la interrogación es: $R_i = 220\text{MN}$, para $P_i = 1000\text{w}$ y $R_i = 310\text{MN}$, para $P_i = 2.000 \text{ w}$.

Es de observar que en radar secundario, en general, no es necesario obtener un alcance extremadamente grande ya que su área de operación puede depender del área que cubra un radar primario asociado o de otros requerimientos. En este caso conviene adecuar la potencia al alcance deseado, ya que un exceso de potencia origina múltiples problemas, como se verá más adelante.

2.4.2- Ecuación del alcance de la respuesta

El alcance máximo teórico de las señales de respuesta producidas por un respondedor en el espacio libre, puede ser calculado, de forma análoga al alcance de la interrogación, en función de los siguientes parámetros: potencia transmitida, señal mínima detectada por el receptor de radar secundario, ganancia de las antenas del respondedor y del receptor del radar, longitud de onda y pérdidas globales.

La expresión matemática que relaciona los parámetros antes citados se obtiene como sigue:

Se supone que el radar y el respondedor están situados en el espacio libre. Si el respondedor emite una potencia de pico P_c y la radiación es omnidireccional, en un punto alejado una distancia R_c la densidad de potencia será $P_c/(4\pi R_c^2)$, puesto que la potencia de la contestación se habrá distribuido uniformemente en una esfera de radio R_c y centro en el respondedor. Si la antena del respondedor tiene una ganancia.

G_c , la densidad de potencia será $(P_c G_c / (4\pi R_c^2))$.

Si en el punto situado a distancia, R_c existe una antena de superficie A_e entonces la potencia recibida en dicho punto es $(P_c G_c A_e) / (4\pi R_c^2)$ y sustituyendo el área en función de la ganancia de la antena en recepción del radar y de la longitud de onda de las señales de respuesta, $A_e = (G_c \lambda^2) / (4\pi)$, la potencia recibida toma la expresión:

$$S_r = (P_c G_c G_r \lambda^2) / ((4\pi)^2 R_c^2)$$

Considerando las pérdidas globales L_c , queda:

$$S_r = (P_c G_c G_r \lambda^2) / ((4\pi)^2 R_c^2 L_c)$$

La expresión anterior permite calcular el alcance en función de la potencia de la señal recibida. El alcance será máximo cuando la señal recibida en el receptor del radar sea mínima detectable:

$$R_c^2 \text{máx} = (P_c G_c G_r \lambda^2) / ((4\pi)^2 S_r \text{mín} L_c).$$

2.4.3- Enlace tierra/aire

Aplicando a la ecuación del alcance de la interrogación los valores de la potencia en antena, las ganancias de las antenas, la sensibilidad mínima del respondedor, y suponiendo que la ganancia de éste es igual a las pérdidas en la sección de RF del mismo, se obtendrá el alcance máximo teórico en el espacio libre. De hecho se debe proceder partiendo del alcance deseado para obtener la potencia requerida.

Hay que tener en cuenta que el valor de potencia obtenido es el que se mediría en la antena y por tanto hay que sumarla las pérdidas de las líneas de transmisión y la junta rotatoria para obtener la potencia en el transmisor. En la práctica la potencia hallada debe ser aumentada en 1dB.

El alcance teórico calculado para la interrogación del radar secundario puede verse modificado por el suelo y los objetos existentes en las inmediaciones del emplazamiento del radar. En efecto, el diagrama de radiación puede presentar una lobulación vertical más o menos acusada, lo que dará lugar a zonas de pérdidas de blancos y zonas de mayor alcance en las que pueden aparecer " blancos de segunda vuelta".

Asimismo, la curvatura terrestre y las elevaciones y edificaciones próximas al radar producirán sombras en determinadas zonas. Por último, las características de los alrededores pueden producir reflexiones, es decir, desviaciones en la trayectoria de las señales de interrogación dando lugar a falsos blancos.

Como consecuencia de todo lo anterior el enlace tierra/aire debe ser comprobada y ajustado mediante un vuelo de prueba del radar.

2.4.4- Enlace aire/tierra

Se denomina “margen de ganancia” a la diferencia entre el nivel de señal recibido realmente y el nivel de señal mínimo necesario para la detección.

El margen de ganancia del enlace tierra/aire para un respondedor situado a la distancia máxima será nulo ya que por definición, el alcance máximo corresponde a la señal de interrogación mínima recibida en dicho respondedor. El margen de ganancia para el enlace aire/tierra con respecto al respondedor situado a la distancia máxima será positivo, en principio, ya que la sensibilidad del receptor de tierra es superior a la del respondedor (-85 dBm y -69 dBm, respectivamente).

El valor mínimo del margen de ganancia aire/tierra deberá ser, al menos, de 6 dB. Si una aeronave se acerca radialmente hacia el radar, el margen de ganancia aire/tierra aumentará en 6dB cada vez que la distancia se divide por dos. Asimismo, el margen de ganancia del enlace tierra/aire aumentará en la misma proporción.

Dado que la señal recibida en el receptor de tierra no debe ser excesivamente grande con objeto de que no se supere el margen dinámico y se sature el receptor, será preciso disminuir la sensibilidad del mismo en función de la distancia al respondedor. De esta manera, y si la disminución de sensibilidad se realiza en la proporción de 6dB por octava, se obtendrá un margen de ganancia constante. En la práctica, y dependiendo del emplazamiento, la ley de variación de la sensibilidad deberá ser determinada durante un vuelo de prueba del radar. (figura 2.18).

La falta de ajuste de la sensibilidad en el receptor del equipo de tierra puede dar lugar a diversos problemas: a) pérdidas de blancos, si la sensibilidad es demasiado reducida; b) blancos falsos, pulsos de anchura superior a la normal y blancos partidos si la señal tiene un nivel excesivo.

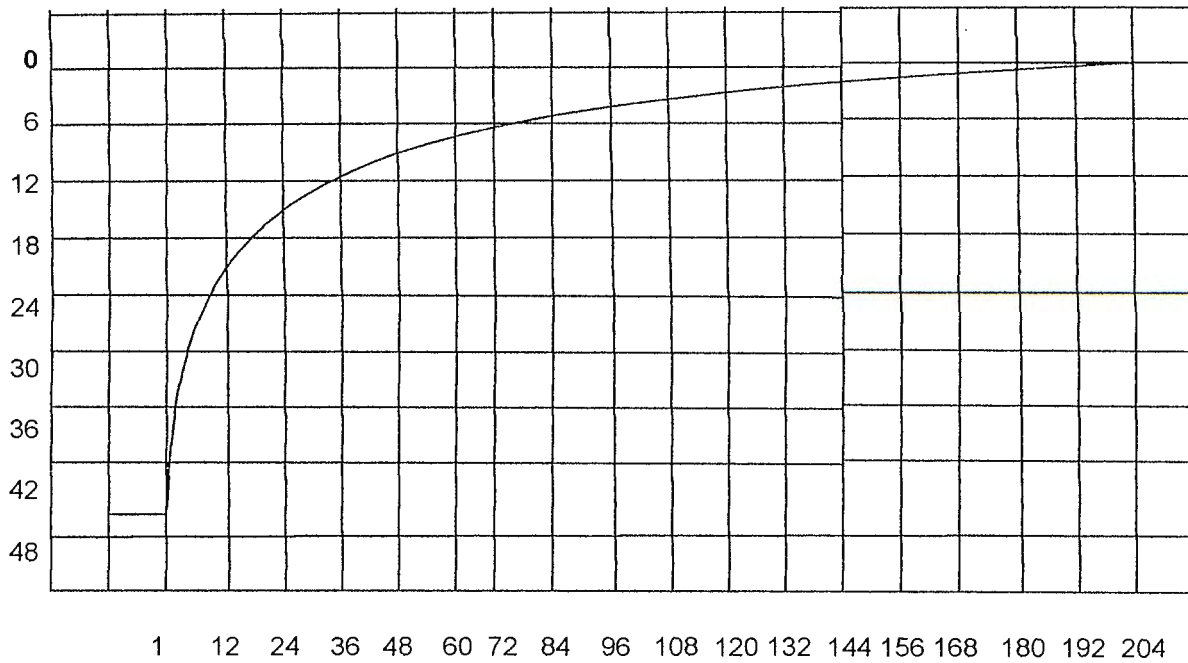


Figura 2.18- CURVA STC TIPICA

2.5- DETECCIÓN DE BLANCOS

2.5.1- Sistema ideal

Un sistema de radar secundario se compone del interrogador-receptor y antenas del equipo de tierra (radar secundario), el respondedor de a bordo y los sistemas de proceso y presentación de datos para su explotación.

El sistema ideal de radar secundario será aquel que presente la información de cada una de las aeronaves dotadas de respondedor que están en el espacio de cobertura del radar, con precisión en la posición y exactitud en los códigos de identificación y altitud, evitando falsos blancos.

2.5.2- Detección de blancos

Para conseguir este sistema ideal se hace necesario en primer lugar obtener una correcta detección de los blancos, lo que supone que la interrogación llegue correctamente al respondedor,

que éste conteste y las señales sean captadas por el receptor del radar secundario y, por último, que estas señales sean procesadas y presentadas adecuadamente en el indicador de datos radar.

Para que el proceso de interrogación sea completo son condiciones básicas que la sensibilidad del respondedor y los niveles de las señales procedentes de las antenas direccionales y omnidireccionales del equipo de tierra sean los adecuados.

La recepción de las señales de respuesta, depende principalmente de la sensibilidad del receptor del equipo, terreno y de la actuación de la curva STC. El proceso de las señales constituye principalmente la validación, correlación, decodificación, formateado, etc. para que los datos puedan ser presentados para su utilización. (Algunas de estas condiciones han sido analizadas en los apartados sobre los enlaces, tierra/aire y aire/ tierra).

2.5.3- Sistemas real de radar secundario

El funcionamiento de un sistema de radar secundario no corresponde necesariamente a las características expuestas para un sistema ideal. Diversos factores tales como las características físicas del emplazamiento del interrogador-receptor; número de radares secundarios trabajando en el área, ajustes de los equipos, etc., modificarán los resultados obtenidos, influyendo en la precisión, decodificación, etc. y siendo necesario, en determinados casos, buscar un compromiso entre las ventajas e inconvenientes que se producen en el sistema.

Entre los factores que hay que considerar por su influencia en la detección y presentación de blancos hay que citar los siguientes:

1) Interrogaciones por vuelta: El número de interrogaciones por vuelta depende de la frecuencia de repetición (RPF) y de la anchura del haz de la antena direccional, pero el tamaño del haz, a su vez, depende de los niveles de potencia transmitidos por las antenas omni y direccional.

2) **Longitud del blanco (run length):** Se le llama así al número de respuestas que debe emitir un respondedor en una pasada de antena. Este número se halla considerando la primera y la última respuesta recibidas y todas las intermedias aun cuando por cualquier causa se haya perdido. "La longitud del blanco" proporciona una medida del tamaño en acimut. La "longitud del blanco" depende de las potencias emitidas por las antenas omni y direccional, la curva STC, el emplazamiento del radar, la altitud (o posición respecto al radar) de la aeronave, así como la distancia y altitud de la misma.

3) **Confiabilidad del blanco:** Se llama "confiabilidad del blanco" a la probabilidad de obtener una respuesta del respondedor cuando se emite una interrogación. (En inglés se denomina "target reliability" o "round reliability").

La confianza depende de: la potencia de la interrogación, la frecuencia de repetición, los diagramas de antenas, la sensibilidad del respondedor, la utilización de SLS o IISLS, las características del sistema de supresión del respondedor y, por último, el número y situación de los radares secundarios de la zona.

4) **Entrelazado:** El radar secundario, generalmente, interroga en el modo de identificación 3/A y en el modo de altitud C. La secuencia con que se producen estas interrogaciones se denomina entrelazado. En los sistemas de aproximación de Aviación Civil es frecuente utilizar la secuencia: A, A, C, A, A, C,... También es frecuente en los sistemas de ruta de Aviación Civil, interrogar con algún modo militar (1 ó 2) produciendo entrelazados como: A, 1, A, C, A, 1, A, C,... Hay que tener en cuenta que algunos respondedores no están preparados para contestar a algunos modos, por ejemplo, el modo C.

El entrelazado y la capacidad de respuesta del respondedor a cada modo, influyen en la probabilidad de detección y en la probabilidad de validación de código. Los fallos en las respuestas deterioran la probabilidad de detección y la confiabilidad.

5) **Respuestas asíncronas:** Se llama respuestas asíncronas a aquellas que llegan al radar secundario pero que han sido originadas por interrogaciones procedentes de otros radares. Estas respuestas estarán sincronizadas con las interrogaciones correspondientes pero no con las procedentes del radar propio. La eliminación de estas señales se realiza mediante un circuito especial conocido comúnmente como "defruiter". La base de este circuito es la comparación de las señales que aparecen en un intervalo entre interrogaciones con las señales que aparecen en el intervalo siguiente.

Puede ocurrir que señales síncronas que no lleguen al receptor originen el rechazo de otra señal del intervalo anterior al no encontrar con cuál compararse en el "defruiter". De esta manera puede disminuir la confiabilidad, ya que el número de respuestas a la salida del "defruiter" ha disminuido.

6) **Influencia del emplazamiento:** La situación geográfica del radar, la altura sobre el suelo e inclinación de la antena direccional y las estructuras y obstáculos próximos pueden dar lugar a espacios ciegos por apantallamiento y por lobulación vertical del diagrama de radiación. Por el contrario pueden obtenerse falsos blancos por efecto de las interrogaciones reflejadas.

Para limitar el problema de las reflexiones se puede reducir la potencia radiada lo que es útil, asimismo, para evitar los problemas generados por los lóbulos laterales. Sin embargo, la reducción de potencia hay que considerarla con relación a las zonas ciegas ya que puede aumentarlas y en determinados casos convendrá elevar el nivel de potencia precisamente para

disminuirlas. En cuanto a la utilización del IISLS puede no resultar efectivo si el blanco está situado a una distancia tal que la interrogación le llegue fuera del tiempo de supresión del respondedor. En consecuencia es muy importante la elección del emplazamiento y el estudio de las estructuras y obstáculos de la zona, así como, las modificaciones que puedan surgir a lo largo del tiempo.

2.6- SSR por Monoimpulso:

2.6.1- Medición del acimut

La medición de acimut por monoimpulso, como su nombre lo indica, es una técnica que permite realizar la medición del acimut del blanco en un único impulso dentro de cualquier respuesta del respondedor. Así pues, es posible lograr una importante reducción de la frecuencia de recurrencia de los impulsos que resulta en una mejora del SSR y en una reducción de la interferencia. La medición de acimut por monoimpulso resulta, también, más precisa, particularmente en un entorno de interferencias.

2.6.2- Elementos del sistema

Un sistema monoimpulso está integrado por una antena monoimpulso, un receptor monoimpulso de canales paralelos (doble canal), un procesador de ángulo fuera de visada por monoimpulsos y un extractor de trazas, que puede incluir un procesamiento exploración-a-exploración. No es necesario que estos elementos estén físicamente separados.

2.6.2.1- Antena

Por lo general, las técnicas monoimpulso exigen dos antenas, o una antena dividida, alimentándose separadamente cada antena o cada sección de la antena dividida, con alimentación por separado para cada antena o cada sección de antena.

Una de las técnicas utiliza dos haces dispuestos de forma que sus ejes de radiación sean paralelos y que sus centros estén separados horizontalmente. Salvo por aquellos blancos con

referencia de alineación óptica, existe una diferencia entre las longitudes del trayecto entre la aeronave blanco y las dos antenas.

Esto provoca una diferencia de fases entre las dos señales recibidas, que es función del ángulo del blanco, relativo a la interferencia de alineación óptica de la antena (véase la figura 2.19). Otra técnica utiliza dos haces con un centro de fase común. Generalmente, se combinan las dos salidas de las antenas según un diagrama de suma y diferencia. Los diagramas de amplitud de señal resultantes se ilustran en la figura 2.20.

El diagrama de suma se utiliza para señales de interrogación mientras que ambos diagramas se utilizan para las respuestas. En la figura 2.21 se muestra cómo puede estimarse el ángulo de desplazamiento del blanco con respecto a la referencia de alineación óptica a partir de la razón entre la amplitud de la señal diferencia y la amplitud de la señal suma.

2.6.2.2- Receptor

Puesto que el receptor por monoimpulso debe atender a una amplia gama dinámica, es ventajoso utilizar un receptor logarítmico de las señales que hayan de procesarse, para fines de detección del blanco y extracción de códigos.

Generalmente, el receptor tiene dos canales cuidadosamente adaptados con características de ganancia y de fase estables no solamente en una amplia gama dinámica sino también en toda la posible banda de frecuencia de las señales recibidas (± 3 Mhz). Para limitar la anchura de banda a la que se procesen las señales, se requiere una función de supresión de lóbulos laterales recibidos (RSLs), que requiere un tercer canal receptor(control).

2.6.2.3- Procesador

La salida del receptor monoimpulso se alimenta al procesador monoimpulso para el cálculo del ángulo de desplazamiento con respecto a la referencia de alimentación óptica, a los efectos de determinar el acimut verdadero de la aeronave blanco.

En la figura 2.22 se muestra una realización posible del sistema por monoimpulso con relación suma/diferencia. Después de la amplificación logarítmica, puede calcularse la relación por substracción. La indicación izquierda-derecha se proporciona mediante el signo de la diferencia de fase entre las señales de suma y de diferencia.

2.6.2.4- Extractor

La salida del procesador monoimpulso se alimenta a un extractor especial de monoimpulsos que permite un procesamiento de códigos mejorado lo que lleva a lograr una reducción de los efectos de la confusión sincrona. Pueden obtenerse beneficios considerables en la detección de códigos y de blancos, mediante el uso de los datos extra de que se dispone a partir de los procesadores por monoimpulso.

2.6.3- Ventajas posibles

a) Mayor precisión del ángulo de acimut: El procesamiento por monoimpulsos puede mejorar la precisión, por un factor de dos o tres veces la obtenida a base del proceso de ventana deslizante. La mejora esta limitada por la amplitud de las señales de trayectos múltiples que entren en el sistema, así como por el ruido del receptor.

b) Mejor eficiencia en el caso de distorsión de las respuestas: El uso de la información adicional disponible en un sistema por monoimpulso permite mejorar significativamente el procesamiento cuando hay distorsión en las respuestas.

c) Disminución del régimen de interrogaciones: La mayor precisión del proceso de medición de la posición y de detección de códigos permite establecer ventanas más pequeñas de

correlación y da lugar a menos repeticiones de códigos para su convalidación. Puede esperarse con confianza que con el procesamiento por monoimpulsos se detecten y decodifiquen blancos con un mínimo de dos respuestas por modos A/C, por lo que puede lograrse una marcada reducción de PRF, con los consiguientes beneficios en lo que respecta a generación de respuestas no sincronizadas y tiempo de ocupación de canal.

2.6.4- SSR Modo S

A los efectos de establecer un enlace de datos aeroterrestres, se ha elaborado una técnica que utiliza una dirección exclusiva para cada aeronave, conocida como SSR Modo S, que resulta compatible con los modos SSR actuales. En este sistema, se requerirá disponer de un nuevo tipo de respondedor a bordo, que funcionará en los modos A y C, así como en el modo S, evitándose, así, llevar dos equipos a bordo de la aeronave. Del mismo modo, los nuevos interrogadores en modo S funcionarán en forma compatible con los modos A y C, lo que permitirá entrar en comunicación con aeronaves equipadas solamente con los respondedores actuales. [8]

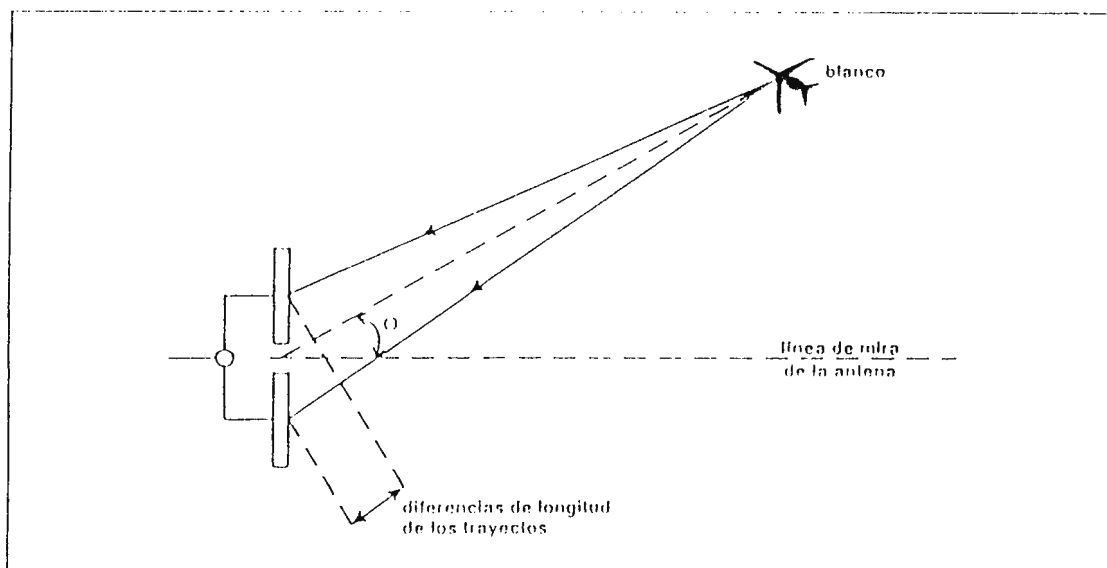


Figura 2.19- MEDICION DEL ANGULO DE AZIMUT POR MONOIMPULSOS

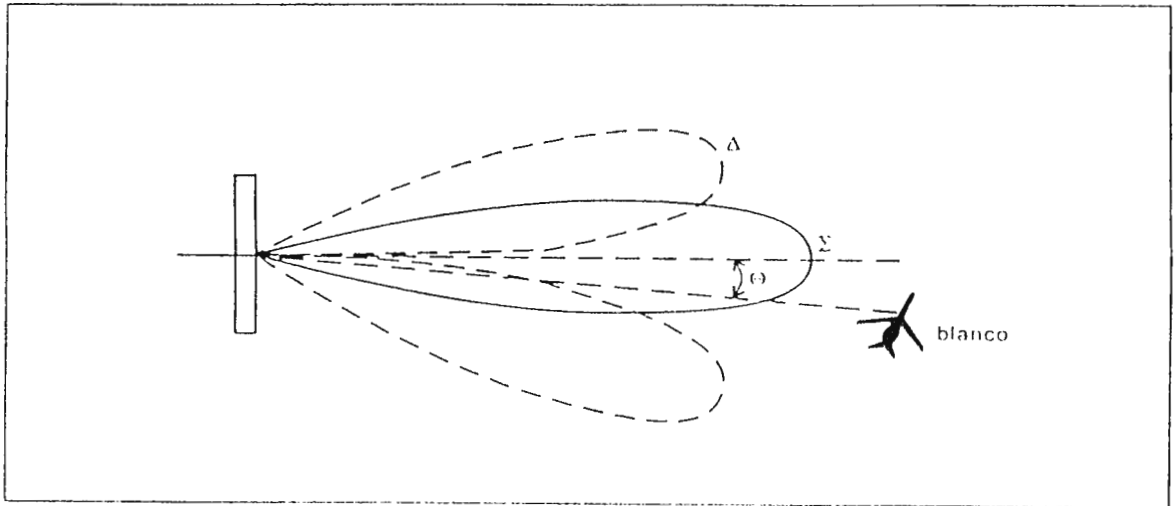


Figura 2.20- DIAGRAMAS DE SUMA Y DE DIFERENCIA

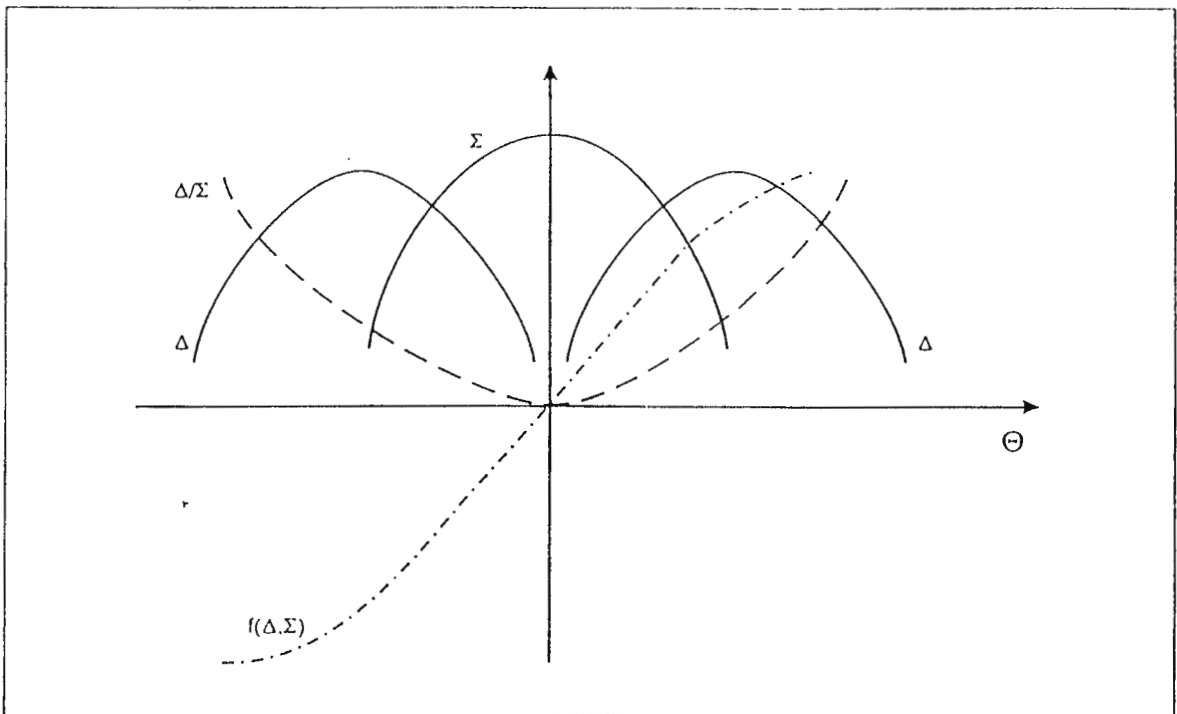
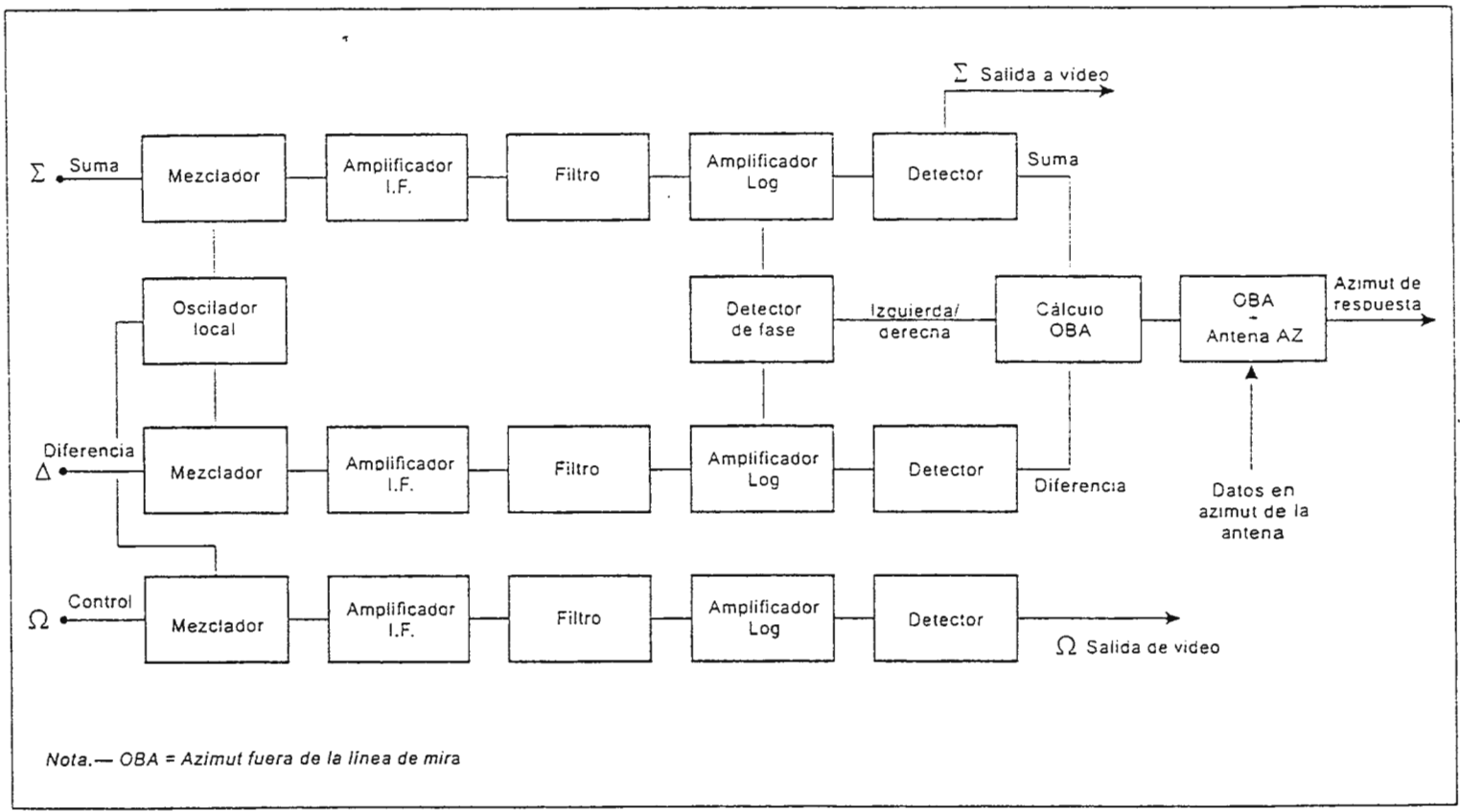


Figura 2.21- ANGULO FUERA DE VISADA EN FUNCION DE LAS SEÑALES DE CANAL SUMA Y DE DIFERENCIA

Figura 2.22- EJEMPLO DE PROCESAMIENTO POR SUMA/DIFERENCIA



2.7- CONSOLAS DE RADAR

En radar, se llama “*consola*” al conjunto de equipos que forman la elaboración y representación de datos a partir del vídeo y de los impulsos de sincronización. La consola propiamente dicha es un pupitre de algún tipo desde el que se quieren añadir a través de los equipos de control o la información de planes de vuelo, etc. Además, desde la consola se manejan los controles de equipo de radar, tales como conexión y desconexión, amplificación de F.I., etc., a través de líneas que unen la consola con los equipos del transmisor y el receptor.

Debido a la distribución funcional de los equipos, el sistema completo de radar queda normalmente repartido entre dos localizaciones distintas. En algún sitio próximo a la antena se localizan los equipos transmisor-receptor y auxiliares. En propio sitio, próximo al operador, es decir, a la sala de control, se localizan los equipos de proceso de datos, donde se agrega al vídeo toda clase de información y en la consola misma se hace la presentación de datos y el control del sistema.

2.7.1- Presentaciones clásicas.

En los sistemas de radar se mide o se puede, medir la distancia de los blancos y el acimut y altura con los que se ven (mediante el movimiento de la antena). El modo de combinar estos datos y presentarlos en la pantalla es lo que constituye la presentación primaria”.

Los tipos más corrientes de presentación clásica son los indicados en la figura 2.23 y son los siguientes:

Tipo “ A “: La distancia se presenta en abscisa y la amplitud de señal en ordenadas. No contiene información de orientación. Se comprende que es el tipo más simple. Basta con dar un barrido en diente de sierra al tubo de rayos catódicos y conectar el vídeo en ordenadas. Es adecuado para el altímetro del radar.

Tipo " C ": Se presenta el acimut en abscisa y la elevación en ordenada. No hay información de distancia.

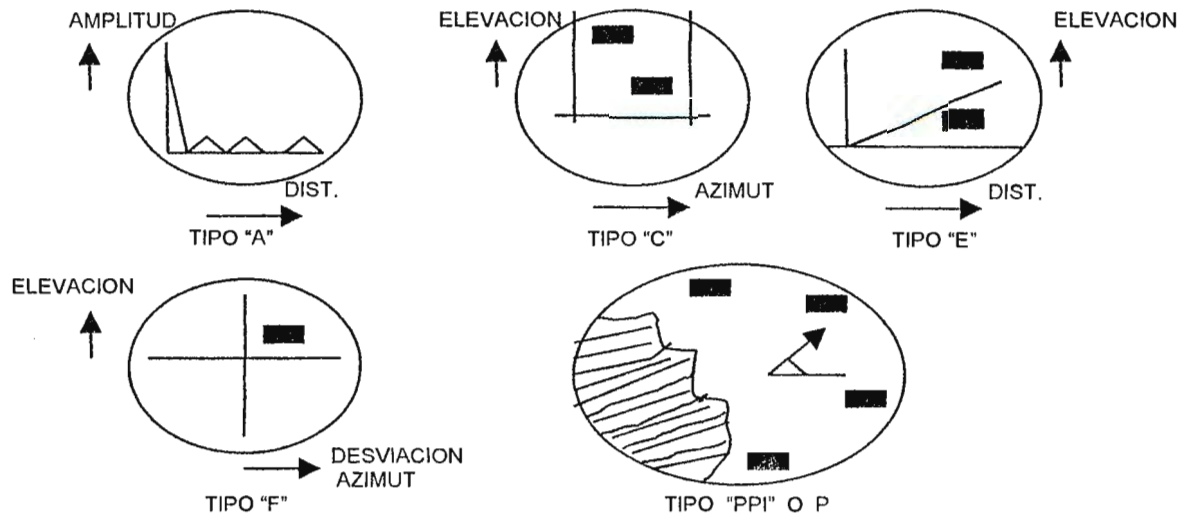


Figura 2.23- PRESENTACIONES CLASICAS

Es un tipo de radar adecuado para el tiro, ya que aunque no hay información de distancia, sí la hay de presencia del blanco. Se consigue fácilmente haciendo las desviaciones del tubo proporcionales a las de la antena, y controlando el brillo o entrada z del tubo con el vídeo.

Tipo " E ": Se presenta la distancia en abscisa y la elevación como ángulo (es decir en y/x), lo que da una impresión de vista lateral. Se utiliza, junto con una presentación tipo PPI (más adelante se describirá) en el llamado radar de precisión o aterrizaje. Este se sigue usando, sobre todo en aplicaciones militares (con la denominación de GCA, "ground control approach"), aunque ha caído en desuso en la aplicación civil, denominada PAR (precisión "approach radar").

Tipo " F ": Análoga a la C, pero, lugar de representar acimut y elevación, se representan desviación en acimut y elevación, respecto a una referencia. Es también típica del radar de tiro, por ejemplo, el del radar de proa de los aviones de caza.

Tipo “ P ” o “ PPI ” (“plan position indicator”): La más corriente. El acimut aparece como el ángulo o argumento trigonométrico y la distancia como radio. Es una representación en polar del plano. Esta representación es la típica del radar de cubrimiento o vigilancia (ASR, “airport surveillance radar”).

2.7.2- Tubos de rayos catódicos

La pantalla donde se realiza la presentación es siempre un tubo de rayos catódicos. Los tipos de pantalla más usados en radar son (naturalmente no entramos aquí en descripciones generales del tubo, que consideramos conocido, sino sólo, en peculiaridades del radar):

1) Tubo de deflexión electrostática: Análogo a los usados en osciloscopios y presentaciones de computadoras. Las coordenadas de la presentación son dos desviaciones del haz producidas por placas de deflexión. La deflexión horizontal o “x” está producida por placas verticales y la vertical o “y” por placas horizontales. El brillo de la pantalla está controlado por la tensión rejilla-cátodo y constituye lo que llamaremos entrada “z”.

2) Tubo de deflexión magnética: Análogo a los usados en televisión. Las desviaciones x e y se obtienen por bobinas de deflexión perpendiculares al haz. El brillo o entrada z se controla por la tensión rejilla-cátodo, como en los anteriores.

3) Tubo de deflexión magnética giratoria: En lugar de dos bobinas de deflexión, para obtener una desviación x-y, este tubo tiene una sola bobina de eje perpendicular al haz, que produce una desviación radial, pero que, a su vez, es giratoria (el eje de la bobina gira en un plano perpendicular al haz), con lo que se obtiene una desviación llamada “ ro-teta”, en polares, donde el ángulo θ es el ángulo mecánicamente girado por la bobina.

Como este tubo se utiliza para la presentación PPI, se comprende que hay que hacer la bobina o “yunque” síncrona con la antena, de forma que la desviación radial del haz corresponda al acimut explorado por la antena. Este tipo de tubo tiene la ventaja de que la desviación es

relativamente sencilla, aunque tiene el inconveniente de que no es tan fácil su uso para presentar otros de información, por lo que su uso va decayendo, a favor de los tubos de tipo cartesiano.

2.7.3- Datos presentados en la consola

Las presentaciones clásicas de radar descritas antes, incluirán solamente los datos del radar propiamente dicho, es decir, los datos de posición. Sin embargo, a esta información hay que añadir una serie de datos auxiliares del sistema que sirven para facilitar el trabajo del operador y otra serie de datos exteriores al sistema pero que se incluyen también para obtener una "presentación integrador" del sistema de radar con los otros medios de control de tráfico de que se dispone.

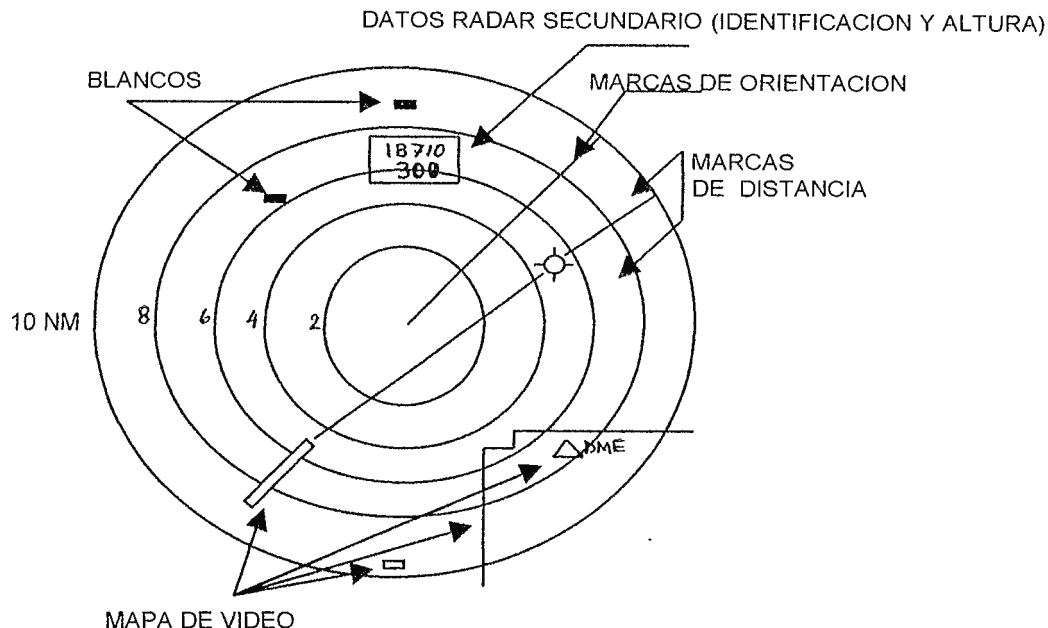


Figura 2.24- PRESENTACION INTEGRADA

A continuación vamos a enumerar algunos de estos datos, adicionales a los de posición, referidos a la presentación PPI, que es la más frecuente en control del tráfico aéreo (fig. 2.24):

a) Marcas de distancia. – Son anillos concéntricos que se dibujan en el plano de posición, a distancias múltiples de una determinada, por ejemplo, millas o cada cinco millas, de la antena de

radar. La posición de la antena no está necesariamente centrada con la presentación; el operador puede desplazar el centro a voluntad y, con él los anillos o marcas de posición.

Las marcas de distancia se obtienen superponiendo con el vídeo series de impulsos distanciados el tiempo que corresponde a su distancia, es decir, $1\mu\text{S}$ cada 150 metros. Al girar la antena y con ella el haz de presentación, los impulsos o marcas de distancia dibujan anillos de distancia constante.

b) Marcas de orientación.- Se puede aumentar el brillo del haz presentado cuando la antena pase por el norte o en algún acimut determinado, dibujando así radios en la presentación que marcan el acimut en cuestión. No se hace frecuentemente, salvo en operaciones de ajuste del sistema.

c) Mapa de vídeo.- Es un mapa dibujado y superpuesto a la presentación. En este dibujo se representan las pistas de aterrizaje, radiofaros y ayudas, obstáculos importantes, aerovías, etc.

Existen diversos métodos de elaboración y presentación del mapa de vídeo, que serán tratados más adelante.

d) Datos de identificación.- Es un letrero que aparece en la pantalla junto al avión que se identifica, donde figura la compañía y número de vuelo, así como la altura del avión (ej. , IB 710, 300) en cientos de pies.

Los datos correspondientes se obtienen del radar secundario (del que disponen todos los centros del control moderno) y, si no se dispone de este radar o el avión no lo tiene, de los datos del plan de vuelo, archivados en la computadora de control. Estos datos van asociados al avión por el radar secundario o, en el caso de no disponer de él, a voluntad del operador a través de un "apuntador" electrónico de señalización.

La presentación de estos datos (números y letras) sigue las conocidas técnicas alfanuméricas de las presentaciones de computadoras, y, en el caso del radar, se elabora por la computadora propia y se hace controlando la deflexión y brillo del tubo en los tiempos muertos del radar propiamente dicho.

No olvidar que la medida de radar se empieza después de cada impulso y ocupa un tiempo pequeño del espacio entre impulsos, dejando, una vez acabada la medida del blanco más lejano, un tiempo libre hasta el impulso y ocupa un tiempo pequeño del espacio entre impulsos, dejando, una vez acabada la medida del blanco más lejano, un tiempo libre hasta el impulso siguiente, que es llamado tiempo muerto, que, en los radares antiguos, se dejaba pasar oscureciendo la pantalla.

2.7.4- Marcas de distancia

Las marcas de distancia son una serie de impulsos que se superponen con el vídeo para intensificar la presentación a distancias determinadas, apareciendo, en el caso de presentación PPI en forma de anillos de distancia constante.

El circuito correspondiente debe generar impulsos que a partir del impulso de sincronismo del transmisor, estén distanciados un tiempo tm que corresponda el espacio entre anillos convertido a razón de 150 metros/ μ S. Es decir, que, si se quiere señalar cada $dm = 5 \text{ Km}$, el tiempo entre impulsos será:

$$tm = \frac{d(m)}{150} \mu s = \frac{5.000}{150} = 33,3 \mu s$$

2.7.5- Mezclador de vídeo

El mezclador de vídeo es un sumador, que suma o integra las siguientes señales (ver fig. 2.25).

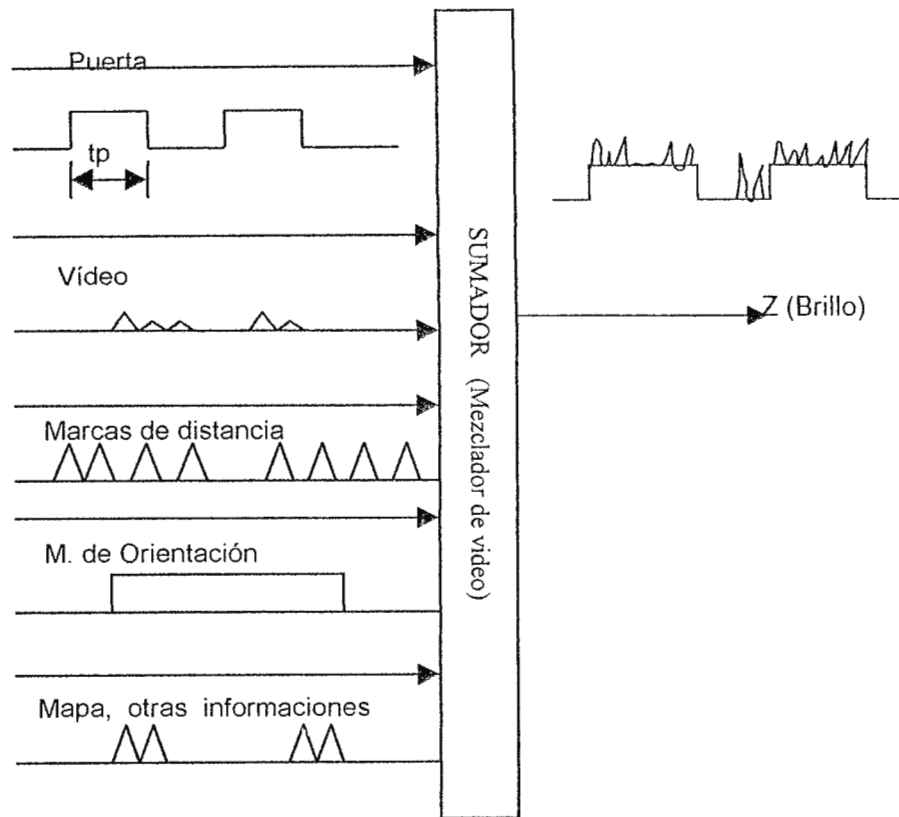


Figura 2.25- MEZCLADOR DE VIDEO

a) Video del radar: es la salida del receptor de radar, que se envía a la consola desde el lugar donde esté instalado el equipo transmisor-receptor. El vídeo consiste en un fondo de ruido y una serie de blancos que siguen al impulso del transmisor (siempre se ve un resto de este impulso, a pesar del sistema TR y otros dispositivos).

b) Marcas de distancia. Formadas por una serie de impulsos ya descrita.

c) Marcas de orientación. Formadas por tensiones continuas en forma de puertas extensas, que aumenten el brillo cuando la antena pase por ciertos valores del ángulo de acimut.

d) Puerta de iluminación. Es una puerta que lleva el valor del total del vídeo que va a la entrada Z del tubo al valor de iluminación de fondo deseado, dejando el tubo oscurecido fuera de tiempo de medida.

Se compone, pues, de dos umbrales: el primero se fija de modo que el ruido que acompaña al vídeo sea suficiente para mantener una tenue iluminación en toda la presentación,

con lo que los blancos y marcas se destacarán por una mayor iluminación, mientras que el segundo nivel, inferior, mantiene el tubo oscuro, durante el retorno y el tiempo muerto, excepto cuando se sumen puertas que eleva el nivel al valor “brillante” análogo al de las marcas, lo que se hará durante la inserción de la información adicional, o durante las marcas de orientación.

La suma de todos los elementos que se han descrito forma la entrada “z” del tubo. Esta entrada puede ser positiva, si es una tensión que se da entre la rejilla y el cátodo, o negativa, si se da entre el cátodo y la rejilla. En todo caso, esta tensión controla la intensidad del haz, con ello, la iluminación de la pantalla y su brillo.

2.7.6- Mapa de vídeo

El mapa de vídeo es un dibujo que se superpone a la presentación para dar una orientación topográfica y funcional. En él se dibujan las pistas, marcas de posición (que deben coincidir con ciertos blancos naturales o artificiales, como edificios, reflectores monitores, etc.) y posición y código de las ayudas a la navegación.

Existen diversos métodos para la inserción de este dibujo en la presentación. El más usado originalmente era un “explorador” (“scanner”), que consistía en hacer girar una plantilla opaca frente a un tubo de rayos catódicos que recorría radialmente la plantilla de la consola. Sobre la plantilla opaca se dibujaba, en transparente (en negativo) el plano de vídeo.

Cada vez que el haz de tubo iluminador pasaba por un punto transparente, se ilumina una célula fotoeléctrica colocada al otro lado y aparece un impulso a la salida de esta célula que es en todo similar a un fuerte blanco de vídeo. La salida de la célula, convenientemente adaptada en amplitud, se mezcla directamente con el vídeo.

Modernamente, en los tubos electrostáticos o magnéticos cartesianos, se inserta el mapa de vídeo mediante su descomposición en puntos y registro en una computadora, que, durante los espacios muertos, ilumina los puntos registrados en su memoria, de forma análoga al resto de la información computarizada.

2.7.7- Presentación integrada

Modernamente se presentan en la misma pantalla de radar los datos del radar y del mapa y gran cantidad de información adicional, necesaria para el control, y preparada por una computadora de control de gran capacidad. La procedencia de estos datos es muy diversa, desde la que suministra el radar secundario (normalmente, velocidad y altura) hasta la que está archivada en los planes de vuelo, así como trayectorias previstas, calculadas, etc.

La información procedente del radar secundario viene ya ligada al avión, ya que esta contenida en la respuesta o eco del radar. Por consiguiente esta información es el conjunto de posición del avión, identificación y altura. Cuando no hay radar secundario, el operador da a la computadora la información de posición del avión (vista en el radar normal) y el número o código del plan de vuelo.

Para dar la posición del avión, puede darse por coordenadas o fijando un punto brillante en la pantalla sobre el avión. A partir de ese momento, la computadora, que también recibe la información del radar, liga el eco del avión a los datos que posee en su memoria y puede presentar esos datos en pantalla al lado del avión en forma de "etiqueta". También puede calcular la trayectoria del avión y presentarla en la pantalla.

La presentación de estos datos es un dibujo como otro cualquiera; la computadora tiene que calcular los valores de x , y para los cuales debe aumentar el brillo o entrada z . Puede hacerse en forma analógica o digital, por puntos, pero, en todo caso se hace dando los valores correspondientes de x , y , z , en los espacios muertos del radar normal. **[12]**

CAPITULO 3

EMPLEO DEL RADAR EN EL SERVICIO DE CONTROL DE TRÁNSITO AÉREO

3.1- INTRODUCCION

A medida que el control de tránsito aéreo se ha ido perfeccionando en todo el mundo, el radar se presenta como uno de los más importantes instrumentos utilizados por los controladores de tránsito aéreo para que los movimientos de el tráfico se realicen de manera segura, ordenada y rápida. Los tipos de radar utilizados para este fin son el Radar Primario de vigilancia (PSR) y el radar secundario de vigilancia (SSR).

Por lo tanto este capítulo esta dedicado a exponer la parte operativa del radar en lo que respecta al control de tránsito aéreo. El capítulo esta dividido en dos secciones. En una se presentarán los procedimientos de aproximación por instrumentos, presentando los criterios generales y ejemplos demostrativos tanto para el aeropuerto Internacional de ILOPANGO, como para el aeropuerto de EL SALVADOR, para luego en la otra sección, el cual es el centro de discusión de este capítulo, exponer los servicios que presenta el radar para el control de tránsito aéreo.

Al mismo tiempo en la segunda sección se irán obteniendo los beneficios que presenta el radar contra el sistema convencional NO RADAR (Sistemas de radioayudas de navegación aérea) existentes en el país. Se expondrá por ejemplo el radar en el servicio de control de tránsito aéreo, áreas de aplicación del servicio, Aplicabilidad, funcionamiento del equipo, los parámetros esenciales en la operación, Identificación entre otros aspectos importantes.

3.2- PROCEDIMIENTOS DE APROXIMACION POR INSTRUMENTOS.

CRITERIOS GENERALES

Las especificaciones de esta parte tienen por objeto proporcionar a las tripulaciones de vuelo, controladores de tránsito aéreo y demás personal de operaciones de vuelo:

- a) Una apreciación, desde el punto de vista operacional, de los parámetros y criterios utilizados en la preparación normalizada de procedimientos de aproximación por instrumentos, tanto los que son de precisión como los que no lo son; y
- b) Los procedimientos que han de seguirse y las limitaciones que han de observarse con el fin de lograr un nivel aceptable de seguridad para llevar a cabo los procedimientos de aproximación por instrumentos.

En general, el procedimiento de aproximación por instrumentos se establece según el tipo de terreno que rodea el aeródromo, el tipo de operaciones que se prevé y la aeronave de que se trate. A su vez, estos factores influyen sobre el tipo y emplazamiento de las ayudas para la navegación en relación con la pista o el aeródromo. Las restricciones del espacio aéreo también pueden afectar el emplazamiento de las ayudas para la navegación.

Siempre que sea posible, se indicará una aproximación directa alineada con el eje de la pista. En el caso de aproximaciones que no son de precisión, se considera aceptable una aproximación directa si el ángulo entre la derrota de aproximación final y el eje de la pista fuera de 030 grados o menos.

Se establece altitudes mínimas de sector para cada aeródromo, con un margen de franqueamiento de obstáculos de 300m (984 pies) como mínimo, dentro de los 46km (25 millas marinas) de la instalación de recalada correspondiente con el procedimiento de aproximación para ese aeródromo. Todos los procedimientos representan derrotas y los pilotos deberían tratar de mantener la derrota aplicando correcciones de rumbo en lo tocante al viento conocido.

3.2.1- Tramos de aproximación

El procedimiento de aproximación por instrumentos puede tener cinco tramos separados. Estos son los de llegada, inicial, intermedio, final, y de aproximación frustrada. Por otro lado también se tiene en cuenta un área para el circuito del aeródromo en condiciones visuales.

- **Tramo de aproximación inicial:** El tramo de aproximación inicial comienza en el punto de referencia de aproximación inicial (IAF) y termina en el punto de referencia de aproximación intermedia (IF). En el tramo inicial, la aeronave se ha apartado de la estructura de vuelo en ruta y maniobra, para entrar en el tramo de aproximación intermedia.

La velocidad y la configuración de la aeronave dependerá de la distancia y aeródromo y del descenso requerido. El tramo de aproximación inicial proporciona un mínimo de 300mts. (984 pies) de franqueamiento de obstáculos.

- **Tramo de aproximación final:** Este es el tramo en el cual se llevan a cabo la alineación y el descenso y aterrizaje. La aproximación final puede efectuarse en dirección a una pista para un aterrizaje directo o hacia un aeródromo para una maniobra visual.

3.2.2- Servicio de control de aproximación

3.2.2.1- Procedimientos generales para las aeronaves que salen

Cuando el control de tránsito se basa en estos procedimientos, en las autorizaciones del control de tránsito aéreo se especificará el sentido del despegue y del viraje subsiguiente, la derrota que ha de seguirse antes de tomar el rumbo deseado, el nivel que ha de mantenerse antes de continuar el ascenso hasta el nivel crucero asignado, la hora, punto de velocidad vertical, o ambos, a que será el cambio de nivel, y cualquier otra maniobra necesaria que sea compatible con la operación segura de la aeronave.

Podría apresurarse en algún caso las salidas de las aeronaves, si el despegue no se efectuara en sentido contrario al viento. Es responsabilidad del piloto al mando decidir si se despegue en tales condiciones o se debe esperar para despegar en el sentido preferido, es decir, contra el viento.

Si las salidas se retrasan con el fin de evitar una espera excesiva en el punto de destino, los vuelos demorados se despacharán, normalmente, en el orden de su hora prevista de salida, pero puede seguirse un orden distinto para facilitar el mayor número de salidas con la mínima demora media.

Las dependencias de control de tránsito aéreo deberían notificar a los explotadores de las aeronaves o a sus representantes designados, si prevén demoras prolongadas por razón de las condiciones de tránsito, y en todo caso si se espera que excedan de 30 minutos.

- Información para las aeronaves que salen

La información referente a cambios significativos de las condiciones meteorológicas en el área de despegue o de ascenso inicial, obtenida por la dependencia de controlador de aproximación después que la aeronave que sale haya establecido comunicación con dicha dependencia, se transmitirá inmediatamente a la aeronave, excepto cuando sepa que ésta ha recibido ya la información.

Se entiende por cambios significativos los referentes a la velocidad o dirección del viento en la superficie, visibilidad, alcance visual en la pista, o temperatura del aire, y la existencia de tormentas, turbulencia moderada o fuerte, gradiente del viento, granizo, congelamiento moderado o fuerte, tempestad de arena, tempestad de polvo, ventisca alta y tornado.

La información referente a las variaciones del estado operacional de las ayudas visuales o no visuales, esenciales para el despegue y la subida se transmitirá inmediatamente a la aeronave que sale, excepto que sepa que ésta ha recibido ya la información. La información referente en

tránsito esencial local, el cual es toda aeronave, vehículo o persona, que se encuentra en la pista que va a utilizarse cerca de la misma o el tránsito en el área de despegue y de subida inicial que puede constituir un peligro para la aeronave que sale, en conocimiento del controlador se transmitirá inmediatamente a las aeronaves que salgan. [O]

3.2.2.2- Ejemplo de aeronaves que salen

A continuación se presenta un ejemplo de un procedimiento de salida general típico del Aeropuerto Internacional de ILOPANGO para cualquier tipo de aeronave:

SALIDA “LA PALMA”:

Despegue de pista 15: Ascienda en línea recta hasta 2500 pies, luego gire a la izquierda con rumbo 345° para interceptar el radial 045 del YSV. Procediendo hacia fuera y manteniendo 5000 pies hasta 7 DME, entonces....(ver transiciones)

Despegue de pista 30: Ascienda en línea recta hasta 2500 pies, luego gire a la derecha con rumbo 120° para interceptar el radial 045 del YSV. Procediendo hacia fuera y manteniendo 5000 pies hasta 7 DME, entonces....(ver transiciones)

***** Transiciones:**

- **Transición BARAS :** a 15 DME gire a la izquierda, vuele en un arco de 15 DME. Cruce el radial 352 del YSV por encima de 9000 pies. Intercepte el radial 251 del YSV, cruce a la derecha y proceda hacia fuera, cruce BARAS por encima de 10,000 pies.

- **Transición KOSTO :** A 15 DME gire a la izquierda, vuele en un arco de 15 DME. Cruce el radial 352 del YSV por encima de 9000 pies. Intercepte el radial 299 del YSV, gire a la derecha y proceda hacia fuera. Cruce KOSTO por encima de 11,000 pies.

- **Transición MORAN:** A 15 DME gire a la izquierda, vuele en un arco de 15 DME hasta intercepta el radial 011 del YSV. Gire a la derecha y proceda hacia fuera, cruce MORAN por encima de 12,000 pies.

- **Transición PERLA:** A 15 DME gire a la derecha, vuele en un arco de 15 DME hasta interceptar el radial 075 del YSV. Gire a la izquierda y proceda hacia fuera, cruce PERLA por encima de 10,000 pies.

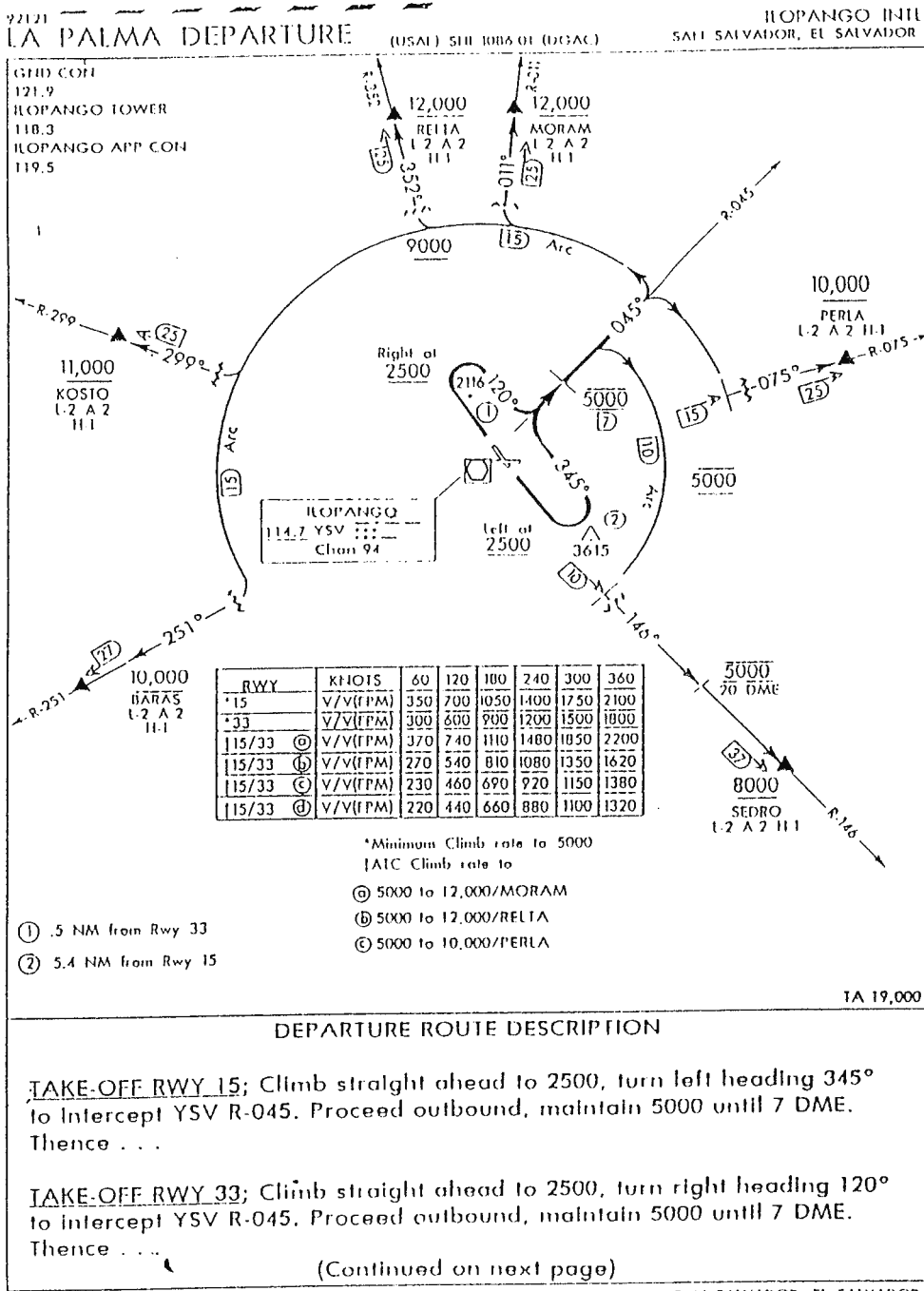
- **Transición RELTA:** A 15 DME gire al izquierda, vuele en un arco de 15 DME hasta interceptar el radial 352 del YSV. Gire a la derecha y proceda hacia fuera, cruce RELTA por encima de 12,000 pies. **[13]**

3.2.2.3- Procedimientos generales para las aeronaves que llegan

Cuando sea evidente que las aeronaves que llegan tendrán una espera prolongada, se dará aviso de ello a su explotador o a su representante designado y se le tendrá al corriente de los cambios que haya en las demoras prevista, con el fin de que con la mayor anticipación posible puedan hacer planes para cambiar el punto de destino de la aeronave.

Puede requerirse a las aeronaves que se aproximen que avisen cuando lleguen a un punto de notificación o lo hayan pasado, cuando inicien el viraje reglamentario o el viraje de base, o que transmitan otra información que necesite el controlador para facilitar la salida de otras aeronaves.

No se autorizará a un vuelo IFR para que efectúe la aproximación inicial por debajo de la altitud mínima apropiada especificada por el estado de que se trate, ni para que descienda por debajo de dicha altitud a menos que:



LA PALMA DEPARTURE

Figura 3.1- Diagrama de método de aproximación de salida de aeronaves para el aeropuerto de ILOPANGO

- a) El piloto haya notificado que ha pasado un punto apropiado definido por una radioayuda; o
- b) El piloto notifique que tiene y puede mantener el aeródromo a la vista; o

- c) La aeronave esté realizando una aproximación visual; o
- d) Se haya determinado con certeza la posición de la aeronave mediante el uso de radar.

- Aproximación Visual

Podrá darse autorización a un vuelo IFR para que haga una aproximación visual siempre que el piloto pueda mantener referencia visual con el terreno, y:

- a) El techo notificado esté al nivel o por encima del nivel aprobado para la aproximación inicial de la aeronave así autorizada; o
- b) El piloto notifique, cuando descienda al nivel de aproximación inicial o en cualquier momento durante el procedimiento de aproximación por instrumentos, que las condiciones meteorológicas son tales que razonablemente puede asegurarse que se completará la aproximación visual y el aterrizaje. Se suministrará separación entre una aeronave autorizada a efectuar una aproximación visual y las demás que lleguen y salgan.

- Aproximación por instrumentos

Si el piloto al mando notifica, o si es totalmente evidente para la dependencia ATC, que no está familiarizado con el procedimiento de aproximación por instrumentos, se especificarán el nivel de aproximación inicial, el punto en que empezará el viraje reglamentario (expresado en minutos desde el punto de notificación apropiado), el nivel a que se haya de realizar el viraje reglamentario, y la trayectoria de aproximación final, pero sólo es necesario especificar ésta última cuando se autorice a la aeronave para que realice una aproximación directa. El procedimiento de aproximación frustrada se especificará cuando se estime necesario.

Si se establece referencia visual con el terreno antes de completar el procedimiento de aproximación, tendrá, no obstante, que completarse todo el procedimiento a menos que la aeronave solicite y obtenga permiso para una aproximación visual.

Para facilitar el tránsito, podrá especificarse un determinado procedimiento de aproximación. A falta de un procedimiento especificado para la aproximación, el piloto podrá, a su discreción, realizar cualquier aproximación autorizada.

- Información para las aeronaves que llegan

Tan pronto como sea posible después de que la aeronave haya establecido comunicación con la dependencia que presta servicio de control de aproximación, se transmitirán a la aeronave los siguientes datos, en el orden en que figuran, excepto los que se sepa que la aeronave ya haya recibido: pista en uso, Información meteorológica actualizada, el estado actual de la superficie de la pista, cuando existan residuos de precipitación u otros peligros temporales, las variaciones del estado operacional de las ayudas visuales y no visuales esenciales para la aproximación y el aterrizaje.

Debería tenerse en cuenta que la información publicada en los NOTAM o por otros medios puede no haber sido recibida por las aeronaves antes de la salida o durante el vuelo en ruta. Al comienzo de la aproximación final, se transmitirá a las aeronaves la información siguiente:

- a) Cambios significativos en la dirección y la velocidad del viento medio en la superficie;
- b) La información más reciente, caso de haberla, sobre el gradiente del viento y/o la turbulencia en el área de aproximación final;
- c) La visibilidad existente, representativa del sentido de la aproximación y el aterrizaje o, cuando se facilite, el valor o valores actuales del alcance visual en la pista, y si es factible, la tendencia, complementada por el valor o valores del alcance visual oblicuo, si se proporciona.

Durante la aproximación final, se transmitirá sin demora la información siguiente:

- a) La súbita aparición de peligros (por ejemplo, tránsito no autorizado en la pista);

- b) Variaciones significativas del viento en la superficie, expresadas como valores máximo y mínimo;
- c) Cambios significativos en el estado de la superficie de la pista;
- d) Cambios del estado operacional de las ayudas visuales y no visuales requeridas;
- e) Cambios en el valor o valores del RVR observado, de conformidad con la escala en vigor, o cambios de visibilidad representativos de la dirección y sentido de aproximación y aterrizaje.

3.2.2.4- Ejemplo de aeronaves que llegan

A continuación se presenta un ejemplo de un procedimiento de llegada general realizado en el Aeropuerto Internacional de EL SALVADOR para cualquier tipo de aeronave:

1. - La aeronave efectúa la llamada inicial.
2. - Se le acusa recibo de la llamada.
3. - Aeronave informa su presente posición (lectura DME, distancia estimada, descendiendo a cierta altitud asignada o manteniéndola, etc.)
4. - Se le acusa recibo colacionándole el mensaje en mención y se le proporciona las siguientes instrucciones: hora exacta, límite del permiso el cual puede ser (VOR/CAT o NDB/LAN), el tipo de aproximación que debe esperar, ya sea ILS, NDB, VOR, VOR/DME, (VOR/DME R159 Arco 10 DMNE, ILS R155 Arco 12 DME) y le notificamos si tendrá o no demora en su aproximación; si aún no ha entrado al TMA se le solicitará que reporte sobre el punto de notificación de entrada al TMA de acuerdo a la ruta en que esta llegando e interprete el radial de descenso de acuerdo a la carta de radiales de descenso del VOR/CAT, para asignarle una altitud menor y se le solicita que confirme si tiene la información ATIS. Si informa que tiene la información ATIS únicamente le proporcionamos toda la información contenida en la información ATIS.
5. - Nos reporta sobre el punto de entrada al TMA, interceptando el radial respectivo.

6. - Le colacionamos su mensaje y le autorizaremos sus descensos de acuerdo a las mínimas de radiales.

7. - Una vez establecido sobre la radioayuda que haya sido el límite del permiso, o antes de llegar a ella, si no hay demora prevista, le autorizaremos a que efectúe su aproximación por instrumentos; pero si hay demora prevista, le asignaremos su EAT y no le autorizaremos para que inicie su aproximación, hasta que la aeronave que le preceda haya cancelado su plan de vuelo por instrumentos o reportado con la pista a la vista, lo que ocurra primero y además no la descenderemos a menos de 4000 pies previendo una posible aproximación frustrada de la aeronave que la precede.

- **Ejemplo demostrativo:** P: Piloto; C: Controlador

P- El Salvador control TAI-211

C- TAI-211 El Salvador control prosiga

P- TAI-211 sobre posición OTAMI nivelado 15 mil pies, solicito instrucciones

C- Recibido TAI-211 Hora_____ esta autorizado al VOR/CAT espere aproximación ILS pista 07 con arco de 15 DME (o espere aproximación VOR/DME pista 25 con ARCO de 8 DME) no se prevé demora (u hora prevista de aproximación a las _____) descienda y mantenga_____ (o mantenga_____) sobre posición ALERA intercepte el radial 298 del VOR/CAT para altitud menor reporte abandonando.....

El reporte de tiempo_____

P- TAI-211 abandona 15000 pies

C- TAI-211 recibido, notifique sobre posición ALERA

P- Salvador control TAI-211 sobre posición ALERA nivelado 11000 pies

C- TAI-211 descenso para 7000 pies autorizado para la aproximación pista 07 reporte iniciando el arco.

P- Salvador control TAI-211 inicie arco de 15 DME

- C- TAI-211 reporte pista a la vista
- P- Salvador control TAI-211 pista a la vista
- C- TAI-211 cambie a torre 118.0
- P- Salvador torre TAI-211.....

Luego continua instrucciones para aterrizaje y estacionamiento en el aeropuerto en la posición asignada por el controlador.

3.2.3- Separación entre las aeronaves que salen y las que llegan

A menos que la autoridad ATS competente prescriba lo contrario, se aplicará la siguiente separación cuando la autorización de despegue se base en la posición de alguna aeronave que llega:

Si la aeronave que llega esta haciendo una aproximación por instrumentos completa, la aeronave que sale puede despegar:

- a) En cualquier dirección hasta que la aeronave que llega haya iniciado su viraje reglamentario o viraje básico que conduce a la aproximación final;
- b) En una dirección que difiera por lo menos en 45° respecto a la dirección opuesta a la de aproximación, después de que la aeronave que llega haya iniciado el viraje reglamentario o el viraje básico que conduce a la aproximación final, siempre que el despegue se haga por lo menos tres minutos antes de la hora prevista para que la aeronave que llega se halle sobre el comienzo de la pista de vuelo por instrumentos.

Si la aeronave que llega hace una aproximación directa, la aeronave que sale puede despegar:

- a) En cualquier dirección hasta cinco minutos antes de la hora a que se prevé que la aeronave que llega se hallará sobre la pista de vuelo por instrumentos;

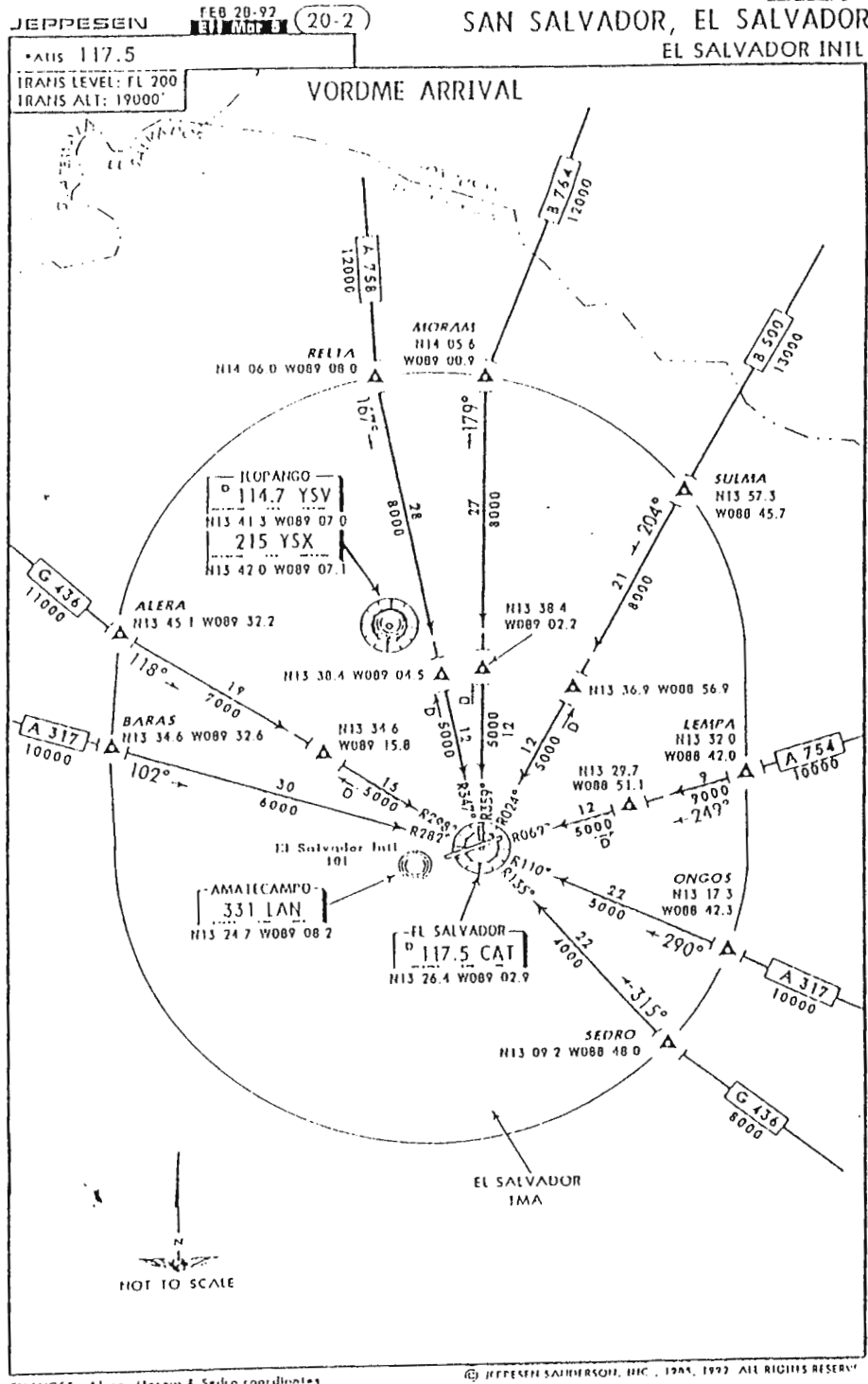


Figura 3.2- Diagrama de método de aproximación de entrada de aeronaves para el aeropuerto de EL SALVADOR

b) En una dirección que difiera por lo menos en 45° respecto a la dirección opuesta a la aproximación de la aeronave que llega:

i) Hasta tres minutos antes de la hora en que se calcula que la aeronave que llega se hallará sobre el comienzo de la pista de vuelo por instrumentos; o bien

ii) Antes de que la aeronave que llega cruce un punto de referencia designado en la derrota de aproximación; el emplazamiento de tal punto de referencia será determinado por la autoridad ATS competente después de haber consultado a los explotadores.

3.2.4- Orden de aproximación

- Procedimientos generales de aproximación

Los siguientes procedimientos se aplicarán cuando se estén realizando aproximaciones:

La secuencia de aproximación se determinará de tal manera que se facilite la llegada del mayor número de aeronaves con la mínima demora media. Se podrá dar preferencia:

a) A una aeronave que prevea que se verá obligada a aterrizar debido a causas que afectan a su seguridad (falla de motor, escasez de combustible, etc.);

b) A las ambulancias aéreas y a las aeronaves que lleven algún enfermo o lesionado de gravedad que requiere asistencia médica urgente.

Las aeronaves sucesivas recibirán autorización para la aproximación cuando la aeronave precedente:

a) Haya avisado que puede completar su aproximación sin tener que volar en condiciones meteorológicas de vuelo por instrumentos; o

b) Este en comunicación con la torre de control de aeródromo y a la vista de ésta, y haya razón para creer que podrá efectuar un aterrizaje normal.

Si el piloto de una aeronave que esta siguiendo el orden de aproximación indica su intención de esperar hasta que mejore el tiempo, o por otras razones, se aprobara tal medida.

Sin embargo, cuando otras aeronaves que se hallen también en espera indiquen que intentan continuar su aproximación para aterrizar y si no existen otros procedimientos de alternativa que, por ejemplo, impliquen el empleo del radar, se autorizará al piloto que desea esperar para que se dirija a un punto de espera adyacente para aguardar que mejore el tiempo o que se le asigne otra ruta.

Alternativamente, debería darse a la aeronave permiso para que se coloque en el lugar más alto en el orden de aproximación, de manera que otras aeronaves que estén en la fase de espera puedan aterrizar. Se hará la coordinación necesaria con el centro de control de área, para evitar conflictos con el tránsito bajo la jurisdicción de este centro. Si es posible, se notificará inmediatamente la medida tomada al explotador de la aeronave, o a su representante autorizado (sí lo hay), después de darse el permiso.

Al fijar el orden de precedencia para la aproximación debería acreditarse el tiempo absorbido en ruta, hasta donde sea posible, a las aeronaves que hayan recibido permiso para absorber un período determinado notificado de retraso en el terminal volando en crucero a velocidad reducida en ruta. [F]

3.3-EL RADAR EN EL SERVICIO DE CONTROL DE TRANSITO AEREO

Un radar generalmente funciona como parte integrante de un órgano ATS (servicio de tránsito aéreo) principal y permite proporcionar el servicio radar a las aeronaves en el sentido de atender las necesidades operacionales.

Muchos factores, tales como la cobertura radar, la carga de trabajo de los controladores, la capacidad del equipo y/o el congestionamiento de las comunicaciones, pueden afectar el servicio radar, pudiendo el controlador determinar si puede proporcionar o continuar proporcionando el servicio radar en cada caso específico.

3.3.1- Areas de aplicación del servicio

El empleo del radar para proveer los servicios de tránsito aéreo, será limitado a las áreas de cobertura radar y a horarios específicos.

En el AIP (publicación de información aeronáutica) de cada país que cuenta con servicio radar, están definidos las porciones del espacio aéreo en las cuales se proporciona servicio radar así como los servicios que se proporcionan.

3.3.2- Aplicabilidad

En lo que respecta a la prestación del servicio de control de tránsito aéreo, las informaciones obtenidas de una representación radar, serán usadas para las siguientes funciones:

- a) Mantener vigilancia sobre el desarrollo del tránsito aéreo.
- b) Proporcionar información y asesoramiento a las aeronaves.
- c) Proporcionar vectoreo a las aeronaves en ruta con el objetivo de resolver posibles conflictos de tránsito aéreo o para ayudarles en la navegación.
- d) Proporcionar vectoreo a las aeronaves que salen para facilitar el ascenso hasta el nivel de crucero.
- e) Proporcionar vectoreo a las aeronaves que llegan con el objetivo de facilitar el descenso desde el nivel de crucero hasta una posición establecida en la aproximación; y
- e) Proporcionar separación y mantener el desarrollo normal del tránsito, cuando una aeronave tenga falla de comunicaciones dentro del área de cobertura radar.

3.3.3- Funcionamiento del equipo

La representación radar debe estar a satisfacción del controlador radar, pues solamente este tiene las condiciones de asegurar si la información es obtenida presentan las condiciones necesarias al tipo de servicio a ser proporcionado. Es responsabilidad del controlador radar

efectuar el ajuste de las informaciones radar, así como el nivel de precisión del equipo, conforme ha orientaciones técnicas proporcionada por la autoridad competente.

En algunos sistemas, el controlador tiene las condiciones de verificar precisión del equipo en su propia consola, ejecutando chequeo de alineamiento, donde deberá ser observada la concordancia de las informaciones radar, con las posiciones geográficas conocidas.

Cualquier falla del sistema operacional o cualquier situación desfavorable que afecte la seguridad de la presentación del servicio radar, puede el controlador emitir instrucciones para establecer separación no radar, además notificar al supervisor y al sector de mantenimiento técnico, proporcionando toda la información posible para el análisis y reparación del problema ocurrido.

3.3.4- Limitaciones del servicio

En circunstancias en las cuales las informaciones del radar primario (PSR) sean indispensables para la seguridad de las actividades del ATC, el controlador radar deberá estar atento si se quedará únicamente con representación de información (SSR). Siempre que no haya vídeo mapa en funcionamiento o si el mismo no alcanza las mínimas exigidas para la operación y tampoco exista "overlay" el empleo del radar en los servicios de tránsito deberá ser limitado ha:

1. Separación de aeronaves ya identificadas.
2. Vectoreo de aeronaves para intersectar la aproximación final de un PAR en aeródromos equipados con este tipo de radar; y
3. Provisión de servicio radar en área donde quede asegurada la no interferencia con tránsito en áreas de control, en áreas restringidas, peligrosas o prohibidas, con obstáculos, zonas de control, etc.

El controlador radar, solo podrá permitir solo una función de trazas cuando estuviera absolutamente asegurada la existencia de separación vertical entre ellas. La utilización del cursor electrónico solamente será posible para auxiliarse en la identificación y vectoreo de una aeronave y para proporcionar una delineación más fina del vídeo mapa, más no debe ser usado como sustituto del vídeo mapa del "overlay" cursores electrónicos fijos podrán ser usados para formar el rumbo de aproximación final.

3.3.5- Falla del equipo

El funcionamiento de un sistema de detección y procesamiento de información radar esta sujeto ha diversos niveles de degradación. En función de las especificaciones técnicas del equipo, el controlador deberá restringir o hasta suspender la utilización del radar cuando perciba que la información representada no es confiable.

En caso de falla total del equipo radar, el controlador protegerá las posiciones de todas las aeronaves ya identificadas y tomará las medidas necesarias para establecer separación no radar entre las aeronaves. Siempre que tal situación ocurre, el controlador deberá avisar a las aeronaves bajo su control de la suspensión del servicio radar y del motivo que la determina.

3.3.6- Carga de trabajo del controlador

El número de aeronaves al que se le puede proporcionar servicio radar simultáneamente, no debe de exceder del que sea posible atender con seguridad de acuerdo con las circunstancias existentes y teniendo en consideración:

- 1- Grado de confiabilidad técnica del radar y el sistema de comunicaciones en uso;
- 2- La habilidad del controlador radar
- 3- El número de trazas observadas en la pantalla radar, dentro del área o sector del controlador radar y

4- Cuando se aplica separación radar, la necesidad de establecer separación no radar entre las aeronaves, en caso de falla del equipo radar u otro equipo de emergencia.

El controlador radar debe evitar asumir una carga de trabajo incompatible con el nivel de seguridad exigido.

3.4- PARÁMETROS ESENCIALES EN LA OPERACIÓN RADAR

La implementación de las diversas funciones automatizadas en los sistemas de control de tránsito aéreo, trajeron mejoras en el desempeño del controlador radar, puesto que varias tareas exijan esfuerzo de análisis, interpretación y mantenimiento de la información, fueron transferidas a los procesadores del sistema.

Con estas facilidades instaladas, el controlador deberá estar apto a emplear los procedimientos apropiados para la determinación de los parámetros esenciales en la operación radar, siempre que estas funciones estuvieran inoperativas, evitando con eso, inviabilizar el uso del radar para la prestación de los servicios de tránsito aéreo.

Los parámetros esenciales en la operación radar están descritos a continuación así como los procedimientos a ser adoptados para su determinación.

3.4.1- Determinación de velocidad

Se utiliza el proceso de conversión de la distancia recorrida en un cierto intervalo de tiempo multiplicado por 60, lo que dará la velocidad de nudos (KTS).

$$v = \frac{d}{t} \times 60$$

V = Velocidad (KT)

D = Distancia recorrida (MN)

T = Intervalo de tiempo (minutos)

3.4.2- Cálculo del ETO

Se determina el tiempo necesario para recorrer una cierta distancia y se suma el valor obtenido a la hora local.

$$E T O = \frac{D}{V} + UTC$$

Donde :

E T O = Hora estimada de sobre vuelo

D = Distancia hacer recorrido (MN)

V = Velocidad de la aeronave (KT)

UTC = Tiempo universal coordinada.

3.4.3- Determinación de la posición de la aeronave

La determinación y la información de la posición de una aeronave bajo servicio radar, tienen por objetivo permitir al piloto chequear el funcionamiento de su sistema de navegación, así como posibilitar a otras aeronaves conocer la localización de los tráficos volando en el mismo espacio aéreo y será efectuado en las siguientes circunstancias:

1. En el contacto radar, excepto cuando la identificación fuera basada en la información del piloto, acerca de su posición en el caso de una aeronave descolando, cuando se encuentre dentro de una milla de la cabecera de la pista.
2. Cuando el estimado de la aeronave difiera significativamente del estimado calculado por el controlador radar.
3. Cuando la aeronave sea instruida ha reasumir su propia navegación, después de una vectoración radar.
4. Inmediatamente antes del término del servicio radar, en caso de que se observe que la aeronave esta desviada de la ruta prevista.
5. Antes que la aeronave inicie de la aproximación final y
6. Cuando la aeronave lo solicite.

La información de posición será transmitida a la aeronave de una de las siguientes formas:

1. indicando el rumbo magnético y la distancia en relación a una radioayuda(VOR, NDB, etc.) que la aeronave tenga condiciones de sintonizar;
2. Distancia y dirección que se encuentra en una ruta ATS
3. Informando la dirección (con respecto a la rosa de los vientos) y distancia en relación a un punto conocido.
4. Con una posición geográfica conocida; o
5. Distancia de la cabecera al punto de toque, caso que la aeronave esté efectuando una aproximación de vigilancia o de precisión respectivamente. **Nota:** siempre que sea posible, la información de posición será relacionada con puntos que aparece en el video-mapa.

3.4.4- Espacio aéreo ocupado

La habilidad del controlador radar en la percepción del espacio aéreo ocupado por una aeronave durante la ejecución de maniobras, contribuye en la utilización eficiente del espacio aéreo bajo su responsabilidad.

La pericia de un controlador radar es avalada de las orientaciones dadas para la ejecución de las trayectorias de vuelo. El piloto debe sentir seguridad en las acciones del controlador. La continua emisión de nuevas instrucciones tratando de corregir imprecisiones en los rumbos de las aeronaves, además de acarrear saturación en el sistema de comunicaciones, provocará en el piloto la sensación de inseguridad y descrédito de las acciones del controlador.

Los procedimientos empleados para optimizar las maniobras de las aeronaves llevan en consideración los parámetros de funcionamiento de las aeronaves, las cuales, solamente serán asimiladas después de continuo entrenamiento.

3.5- IDENTIFICACION RADAR

Es el proceso de relacionar un eco radar o símbolo de precisión radar con una determinada aeronave.

3.5.1- Establecimiento de identificación radar

El controlador deberá establecer la identificación radar de la aeronave involucrada, antes de prestar cualquier servicio radar. Tan pronto se ha establecido la identificación inicial o una identificación posterior a una pérdida de contacto radar, el controlador deberá informar a la aeronave:

1. El establecimiento del contacto radar y
2. El tipo de servicio radar que será proporcionado

Nota: La expresión "contacto radar", significa para el piloto que su aeronave está identificada. La información del contacto radar hace parte de la indicación de la aeronave, a menos que :

1. La identificación haya sido hecha con base a la información del piloto acerca de su posición ó
2. La aeronave este descolando y la identificación sea hecha dentro de una milla del final de la pista.

Nota: Cuidados especiales deberán ser tomados para evitar confundir a una aeronave a ser identificada con otra(s) sobrevolando el aeródromo despegando de una pista adyacente, en espera o en procedimiento de aproximación frustrada.

3.5.2- Mantenimiento de la identificación radar

Aún con los recursos automatizados existentes en los sistemas, el controlador radar deberá mantener un registro que facilite la consulta, teniendo por objeto mantener la identificación de la aeronave, anotando en la faja de progreso de vuelo (FPV), por lo menos una vez en cada sector las informaciones siguientes:

1. Posición de la aeronave

2. Vectores de orientación
3. Altitud
4. Indicador de la actitud; y
5. Hora del evento

Siempre que ocurre una pérdida de contacto radar, el controlador deberá informar al piloto la última posición observada e instruirlo a reasumir su propia navegación.

3.5.3- Re-identificación

El controlador radar deberá emplear uno de los métodos de identificación radar, siempre que el contacto radar fuera reestablecido, aun cuando haya la absoluta certeza de que la información radar pertenezca a la aeronave anteriormente identificada.

3.5.4- Métodos de identificación radar

La identificación de una traza radar deberá ser ejecutada a través de métodos específicos de identificación radar. Cuando el radar secundario este en uso, este deberá ser usado para identificar aeronaves que dispongan de transponder en funcionamiento. Se debe de emplear más de un método de identificación, para una misma aeronave, cuando haya proximidad de trazas, la duplicidad de movimientos o cualquier otra circunstancia que causara dudas en cuanto a la identificación de las trazas.

Debido a una fusión de trazas, efectos radio eléctricos o áreas de precipitación, la identificación de una aeronave se torna dudoso, se debe establecer inmediatamente una separación de radar.

En situaciones en que el ángulo de cruce y la diferencia de velocidades fueran pequeñas, el controlador deberá usar uno de los métodos de identificación para cerciorarse de la posición de la aeronave.

3.5.5- Métodos de identificación radar secundario

La identificación radar secundario de una traza será aplicada, cuando el radar secundario (SSR), de modo 3/A, estuviera en uso para identificación, usándose uno de los siguientes métodos:

1. Observándose la identificación presentada en función de la solicitud a la aeronave de accionar la característica IDENT del transponder; u
2. Observándose las modificaciones presentadas por la traza, en función de la solicitud a la aeronave para un cambio de código SSR específico.

En sistema de radar automatizado, será considerada identificada toda aeronave que tuviera un código discreto designado y tal código estuviera accionado y colocado automáticamente en el alvo (traza) ó pista del radar secundario.

El controlador deberá instruir a la aeronave con transponder modo 3/A, para seleccionar su equipo en el código apropiado o código especial después de haber sido completada la identificación.

3.5.6- Distribución de códigos SSR

El transponder de una aeronave deberá ser operado de acuerdo a instrucciones de los órganos ATC, que indicarán el modo y el código apropiados.

La respuesta de un transponder, utilizado por una aeronave, podrá ser captado a una gran distancia por una SSR no involucrado en la prestación de los servicios de tránsito aéreo a una determinada aeronave. La recepción en esas condiciones de tal transponder es una interferencia indeseable, que debe ser evitada mediante una división ordenada de códigos. Básicamente para alcanzar este objetivo se limita el uso de un grupo específico de códigos a una determinada área, ya que la utilización de este mismo grupo, solo será permitido dentro de otra área situada a una distancia tal que no provoque interferencia en el área anteriormente seleccionada.

Dentro del criterio mencionado, la OACI elaboró con la anuencia de los Estados, los planes de asignación y uso de los códigos SSR de cada región.

Las grandes áreas correspondientes a los límites territoriales y jurisdiccionales de los Estados, son contemplados con grupos de códigos. En el caso de la región del Caribe y Sur América (CAR/SAM), el plan de asignación y uso de códigos SSR, figura en el Plan de navegación Aérea (CAR/SAM, DOC 8733-14 OACI). Cada Estado debe de distribuir internamente los grupos de códigos que les fueron asignados.

3.6- Servicios radar

Los servicios radar se caracterizan por la utilización de información radar para la presentación de los servicios de tránsito aéreo. Se establecerán las partes del espacio aéreo y los horarios en que serán prestados estos servicios.

Los servicios radar serán prestados a las aeronaves volando IFR ò VFR y se podrán prestar los siguientes:

- a) Vigilancia radar; y
- b) Vectoreo Radar

3.6.1- Servicio de vigilancia radar

Vigilancia radar es el empleo del radar para proporcionar Control de tránsito aéreo mediante la continua observación de la presentación radar, observaciones sobre desvíos significativos en relación a la ruta deseada y otras observaciones sobre seguridad de vuelo.

1) Inicio del Servicio

El inicio del servicio de vigilancia radar será caracterizado por el establecimiento de contacto radar o después de una vectoración radar en continuación a ese servicio.

2) Procedimientos Operacionales

Al observar en la presentación radar tráfico en trayectorias conflictivas, el controlador deberá sugerir medios para evitarlas.

Cuando la trayectoria de una aeronave indica que ésta va a penetrar en una zona de condiciones meteorológicas adversas, el controlador deberá de informar al piloto con suficiente tiempo, para que tenga oportunidad de analizar que procedimiento seguir, que puede incluir hasta la consulta acerca de que cual es la mejor forma de evadir el mal tiempo. Durante la presentación de este servicio, la responsabilidad de navegación es del piloto de la aeronave.

Cuando la situación lo exija, el controlador podrá asumir el vectoreo de una aeronave que se encuentra bajo vigilancia radar con el objetivo de mejorar la seguridad del vuelo.

3) Finalización del Servicio

La finalización del servicio de vigilancia radar se caracteriza por:

- a) Inicio de una vectoración radar,
- b) Terminación del servicio radar; ò
- c) Por la pérdida del contacto radar.

3.6.2- Servicio de vectoreo radar

El vectoreo radar es el más completo servicio radar que se puede proporcionar a una aeronave. Se caracteriza básicamente por el hecho de que el controlador de tránsito aéreo es el responsable por la navegación de la aeronave con la asignación de rumbos específicos y cambios de nivel que sean necesarios, hasta un punto a partir del cual el piloto de la aeronave pueda reasumir la navegación.

Siempre que sea posible, en una vectoración radar, el controlador deberá vectorear las aeronaves a lo largo de las rutas donde el piloto pueda efectuar una navegación paralela o que tenga condiciones de verificar su posición en relación ayudas para la navegación.

En caso fuera necesario vectorear una aeronave, fuera de una ruta previamente designada, el controlador radar deberá informar el motivo del desvío efectuado y especificar el límite de la vectoración.

Cuando un vuelo IFR este bajo vectoreación radar, el controlador deberá asegurarse de que la aeronave bajo su control, se mantenga en la altitud mínima de seguridad sobre el terreno o encima de esta altitud.

El vectoreo de las aeronaves volando IFR ó VFR, será ejecutada cuando sea necesario con los siguientes objetivos:

- Establecer separaciones adecuadas;
- Orientar las aeronaves en la ejecución de procedimientos especiales
- Mejorar los patrones de seguridad.
- Proporcionar ventajas operaciones para el controlador o aeronave
- Desviar la aeronave de formaciones meteorológicas adversas, de bandadas de pájaros, de obstáculos o de estela turbulenta.
- Corregir desvíos de ruta significativos
- Evitar una fusión de trazas y
- Atender una solicitud del piloto al mando, cuando fuera posible.

1) Inicio del servicio: El inicio de una vectoración radar será caracterizada por una información del controlador, de que la aeronave se encuentra bajo vectoreo radar.

2) Procedimientos Operacionales: La vectoración radar deberá ser proporcionada preferencialmente de acuerdo con uno de los siguientes métodos:

- Determinando un sentido de viraje y el rumbo magnético en que debe de ser interrumpido el viraje;
- Determinando que la aeronave mantenga el rumbo que está volando,
- Determinando que la aeronave vuele un rumbo específico,
- Determinando un rumbo magnético para abandonar una radioayuda sobre la cual se encuentra la aeronave; y
- Determinando el sentido de viraje y el número de grados a virar.

Nota 1: Cuando la aeronave este en el sector de aproximación para aterrizar, es recomendado la realización de virajes medio patrón.

Nota 2: Al iniciar una vectoración Radar el controlador deberá informar al piloto el propósito de la misma.

3) Terminación del Servicio

La terminación de una vectoración radar será caracterizada por una instrucción para que el piloto reasuma su propia navegación.

Nota: La instrucción para que el piloto reasuma su propia navegación debe ser acompañada de la posición actual de la aeronave en relación a una radioayuda de la cual el piloto puede hacer uso.

3.6.3- Separación radar

Es la separación entre aeronaves controladas, en el plano horizontal, cuyas posiciones son determinadas a través de la representación radar. Las separaciones pueden ser aplicadas entre:

- 1) Aeronaves bajo vigilancia o vectoreo radar;
- 2) Una aeronave despegando y otra bajo vigilancia o vectoreo radar, siempre y cuando la aeronave despegando sea identificada dentro de una milla del final de la pista; y
- 3) Una aeronave estuviera ascendiendo o descendiendo a través del nivel de la segunda.

En caso de falla del radar o pérdida de identificación radar, serán transmitidas instrucciones en el sentido de establecer separación no radar. Las informaciones del radar secundario de vigilancia(SSR), podrán ser usadas separadamente para la provisión de separación horizontal entre aeronaves debidamente equipadas, en las circunstancias y bajo las condiciones específicas a continuación:

- 1) Dentro del área de cobertura del radar primario asociado.
- 2) Fuera del área de cobertura del radar primario asociado, siempre y cuando simultáneamente:
 - Exista cobertura SSR dentro del área;

- El área sea espacio aéreo controlado;
 - Sea aplicada la separación no radar entre aeronaves equipadas con transponder y otra no equipada con transponder; y
- 3) Cuando hubiera falla del radar primario hasta ser restablecida la separación no radar.

3.6.4- Separación de trazas

La separación radar debe ser aplicada:

- 1) Entre los centros de las trazas del radar primario.
- 2) Entre los extremos de las barras de control del radar secundario.
- 3) Entre el extremo de una barra de control radar secundario y el centro de una traza de radar primario; y
- 4) Entre los centros de los símbolos de trazas digitalizados.

3.6.5- Mínimos de separación

La separación radar horizontal mínima será de cinco millas (5 NM).

Son factores que pueden contribuir para exigir valores mayores de separación:

- 1) Rumbos y velocidades relativas de las aeronaves
- 2) Limitaciones técnicas del radar
- 3) Limitaciones de los controladores radar; y
- 4) Dificultades causadas por congestión en las comunicaciones

3.6.5.1- Aplicación de los mínimos de separación por estela turbulenta

Son establecidos con la finalidad de reducir sus efectos sobre las aeronaves que son:

- El balance violento
- Pérdida de altura o de la velocidad ascensional y esfuerzos de la estructura.

Cuando la separación mínima requerida normalmente para vuelos IFR, fuera mayor que la correspondiente de la de estela turbulenta, se aplicarán los mínimos IFR.

Los mínimos de separación radar relacionados con las condiciones de estela turbulenta son las siguientes:

CATEGORIA AERONAVE ADELANTE	CATEGORIA AERONAVE ATRAS		MINIMOS
PESADA	PESADA	(H)	4 NM
	MEDIANA	(M)	5NM
	LIVIANA	(L)	6 NM
MEDIA	PESADA	(H)	3 NM
	MEDIANA	(M)	3 NM
	LIVIANA	(L)	4 NM
LIVIANA	PESADA	(H)	3 NM
	MEDIANA	(M)	3 NM
	LIVIANA	(L)	3 NM

Los mínimos establecidos deberán ser aplicados cuando:

- a) Una aeronave sigue la trayectoria de la otra en la misma altitud o a menos de 1000 pies abajo;
- b) Ambas aeronaves utilizan la misma pista paralelas separadas por menos de 760 mts;
- c) Una aeronave cruza la trayectoria de otra por detrás. (Posición 6 horas)

3.6.6- Espacio aéreo adyacente

A menos que haya habido coordinación, el controlador deberá evitar que una aeronave bajo vectoreo radar se aproxime a menos de 2.5 NM del límite del espacio aéreo adyacente donde la separación radar también este siendo aplicada, y a menos de 5 NM del límite del espacio aéreo adyacente en el cual la separación radar no este siendo aplicada.

3.6.7- Ajustes de velocidad

A fin de proporcionar un mejor flujo de control de tránsito aéreo y espaciar convenientemente las aeronaves en la aproximación para secuencia de aterrizaje, el controlador

radar puede solicitar a una aeronave que ajuste su velocidad. Esta práctica sin embargo cuando se emplea mucho, exige del piloto ajustes del régimen de funcionamiento del conjunto motopropulsor, lo que no es aconsejable en muchas condiciones y no debe ser aplicada en sustitución a una vectoreación.

Nota: Es prerrogativa y responsabilidad del piloto al mando rechazar ajustes de velocidad que sean considerados excesivos o contrarios a las especificaciones operacionales de la aeronave.

1) Procedimientos Operacionales

Todas las solicitudes de ajustes de velocidad deben ser hechas en términos de millas náuticas por hora (NM/h), basadas en la velocidad indicada y usando unidades de 10KT o múltiplos de 10KT.

Los ajustes de velocidad deberán ser solicitados a las aeronaves de la siguiente manera:

- a) Para que la aeronave mantenga la presente velocidad; y
- b) Para que la aeronave aumente o reduzca para determinada velocidad o de determinado numero de nudos (KTS).

2) Mínimos para ajustes de velocidad

Excepto cuando el piloto acepte utilizar una velocidad menor, deberán ser observados los siguientes mínimos de ajuste de velocidad:

- | | |
|--|--------|
| a) ACFT operando entre A110 y FI200 | 250 KT |
| b) ACFT JET abajo de A110 | 210 KT |
| c) ACFT JET debajo de A110, dentro de 20 NM del aeródromo de destino | 170 KT |
| d) ACFT a hélice, dentro de 20 NM del aeródromo de destino | 150 KT |
| e) ACFT saliendo | 230 KT |

Nota: ACFT = Aeronave; A110= Altitud de 11,000 pies; FI200 = Nivel de vuelo 20,000 pies.

3.6.8- información de tránsito

Los órganos ATS deberán proporcionar información de tráfico a todas las aeronaves (IFR o VFR), en su frecuencia, cuando juzgaren que la proximidad entre ellas y el movimiento relativo pueda conducir las a una separación menor que la separación mínima aplicable.

La información de tránsito deberá contener los siguientes datos:

1) Para aeronaves bajo vectoreo o vigilancia radar:

- a) Posición de la aeronave en relación a las otras, en términos de las manecillas del reloj (código del reloj).
- b) Distancia de la aeronave en millas náuticas.
- b) Dirección en la cual la aeronave se está moviendo (rumbo) y
- c) Si se conoce, el tipo de la aeronave y altitud.

Nota: Cuando el piloto informe que no tiene a la vista el tráfico, y esta aeronave está siendo vectoreada, el controlador deberá informarle cuando el tráfico haya sido rebasado.

2) Para aeronave que no estén bajo vectoreo o vigilancia radar;

- a) Distancia y dirección de otras aeronaves en relación a un punto conocido
- b) Dirección en la cual la aeronave se está moviendo (rumbo)
- c) Si se conoce el tipo de la aeronave y altitud y
- d) El estimado al que se dirige si es necesario.

3.6.9- Transferencia radar

Con la finalidad de proporcionar continuidad en la presentación del servicio radar, sin someter a las aeronaves a maniobras excesivas e innecesarias, el controlador radar debe, antes de efectuar una transferencia de control, pasar informaciones que permitan al controlador aceptante determinar con precisión, la traza radar, que corresponde a la aeronave cuyo control le va a ser transferido.

El intercambio de informaciones, con la finalidad de asegurar la continuidad de los servicios de tránsito aéreo, llamada de coordinación, podrán ser efectuados entre órganos ATS o entre las posiciones operacionales de un mismo órgano.

La transferencia radar se caracteriza por:

- 1) Transferencia de identificación radar:
- 2) Transferencia de Control; y

Transferencia de Comunicaciones. **[C]**

CAPITULO 4

Propuesta de Instalación de Equipos de Radar Secundario de Vigilancia (SSR) en el Aeropuerto Internacional de ILOPANGO

4.1- INTRODUCCIÓN

De acuerdo a la secuencia de estudio de este documento, en el cual se presento en el capítulo uno, las generalidades de navegación aérea, en el capítulo dos, el principio de operación del SSR, y en el tres, el empleo del radar en el servicio de control de tránsito aéreo, el presente capítulo esta destinado a explicar la parte que concierne a la propuesta de instalación de los equipos radar SSR necesarios para el aeropuerto Internacional de ILOPANGO, en una forma general, dando a conocer los principales criterios técnicos a tener en cuenta para instalar un equipo radar secundario.

Se estudiará exclusivamente la parte de la instalación de la estación de tierra, como lo es el equipo interrogador/receptor (Transpondedor) y la consola radar. Se analizarán los criterios técnicos para la implantación del equipo, tomando en cuenta los reglamentos y leyes establecidos por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).

Se estudia la técnica Monopulso la cual es la teoría de funcionamiento de este radar y los parámetros de funcionamiento. A continuación se describe la estructura del equipo, las partes que lo componen, especificaciones técnicas (características técnicas), las funciones que realiza y por último la operación básica. Luego se explica el equipo concerniente a la consola radar, que es la otra parte complementaria del radar a ser estudiada.

Como se hizo para el interrogador/receptor, acá también se describe la composición del sistema, especificaciones técnicas y funciones que realiza.

Finalmente se estudia la parte de la descripción del sitio de la instalación tanto para el interrogador/receptor y la consola radar. Se mostrará la infraestructura y distribución de equipos existentes en la torre de control y en su sala de equipos, en donde se instalarán los equipos radar. Al mismo tiempo se dará a conocer los criterios técnicos, consideraciones y cuidados que se deben tener para instalar y adecuar correctamente los equipos radar.

Como parte complementaria de este estudio, se presenta un apartado de consideraciones económicas que implica el instalar un nuevo equipo para el Aeropuerto internacional de ILOPANGO, que para este caso es el Radar secundario.

De este análisis se verá una parte de la justificación de este proyecto y para reforzar esta parte, también se presentarán los nuevos proyectos que se tienen estimados a realizarse a corto plazo para el Aeropuerto Internacional de ILOPANGO en cuanto a su modernización.

4.2- INSTALACION DE ESTACION DE TIERRA

4.2.1- Emplazamiento

4.2.1.1- Número de estaciones de tierra

En los planes de emplazamiento de las estaciones de tierra debe procurarse mantener su número a un valor mínimo que este en armonía con los requisitos operacionales.

4.2.1.2- Efectos de los obstáculos

Los obstáculos naturales y artificiales situados en torno al emplazamiento del SSR pueden tener repercusiones negativas particularmente debido a fenómenos de reflexión o de difracción. Debe resaltarse que las reflexiones del lóbulo principal pueden causar serios problemas tales como blancos falsos.

Pueden ocurrir fenómenos de difracción cuando partes del haz estén obstruidos por edificios o por otras superficies. Las diferencias entre el trayecto directo y el trayecto difractado por un obstáculo perturban la medición del ángulo de azimut. La reflexión de un terreno no nivelado hace que la imagen se desplace en azimut. La combinación de las señales directa y reflejada producen una forma de haz distorsionado. Por Consiguiente, es aconsejable evitar grandes superficies de reflexión verticales a una distancia razonable de la antena de la estación de tierra SSR.

Esta distancia dependerá de la sección efectiva de la superficie reflectante y de su elevación con respecto a la estación de tierra pero, en líneas generales es deseable emplazar la estación de tierra por lo menos a una distancia de 800 metros de grandes edificios.

4.2.2- Antena del Interrogador

4.2.2.1- Configuración de radiación horizontal (HRP)

Los impulsos de interrogación son radiados por una antena direccional. En el caso de una antena de rotación mecánica la anchura de haz en azimut debería ser lo suficientemente estrecha, ordinariamente entre 2 y 3° en el punto de 3dB, pero debe señalarse que es necesario un número

mínimo de respuestas para el procesamiento y la visualización confiables. Este valor mínimo dependerá del procesamiento en particular y del equipo de visualización que se proporcione.

Un requisito típico para digitalizadores de trazas SSR de “ventana deslizante” es de 4 a 8 respuestas por anchuras de haz en cada modo de interrogación. Los digitalizadores de trazas SSR por monoimpulsos requieren ordinariamente de 2 a 4 respuestas por anchura de haz en cada modo. Debe también señalarse que hay una relación directa entre número deseado de respuestas por anchura de haz, la velocidad de interrogación, la anchura de haz de la antena y de la velocidad de rotación de la antena. (Ver ecuación del número de respuestas en sección 2.2.3 del capítulo 2).

La anchura de haz horizontal de la antena se hace frecuentemente lo más estrecha posible para mejorar la precisión en azimut. En el caso de una antena de rotación mecánica, una anchura de haz horizontal estrecha reduce el tiempo de permanencia en el haz y por consiguiente reduce la capacidad en modo S de la estación de tierra. Se ha comprobado que un buen valor sería del orden de 2.4° .

Los lóbulos laterales del diagrama en azimut deberían ser lo mas bajo que sea posible. Un nivel de por lo menos 24 dB por debajo del lóbulo principal sería deseable.

4.2.2.2- Configuración de radiación vertical (VRP)

Deben irradiarse los impulsos de interrogación en una antena que proporciona una intensidad adecuada de señal a ángulos comprendidos entre 0.5° y 40° , a las distancias y actitudes requeridas en las operaciones. Otra característica importante es la capacidad de disminuir la energía dirigida a tierra. La energía reflejada por el terreno puede influir de modo significativo en el diagrama de radiación espacial de la antena SSR.

Para blancos en determinados ángulos de elevación, se combinan en fase la energía directa y la energía reflejada, con lo que aumenta bastante la intensidad de la señal, mientras que

a otros ángulos se combinan las señales fuera de fase, llevando a importantes reducciones de la intensidad de la señal.

Esto puede tener una serie de efectos indeseables, incluidos los siguientes:

- a) Pérdida de respuestas procedentes de aeronaves situadas en regiones con intensidad reducida de la señal;
- b) Interrogación de aeronaves mas allá del alcance de interés operacional en regiones de mayor intensidad de señal, que posiblemente interfiere con el funcionamiento de otros sistemas receptores de estación de tierra; y
- c) Degradación de la presión en azimut cuando la magnitud de la reflexión no es uniforme en todo el haz de la antena; Esto lleva a que en un lado del haz haya menor variación de la intensidad de la señal que en el otro, desplazando el eje efectivo del haz.

4.2.2.3- Influencia de la altura de la antena sobre el suelo en el diagrama de radiación vertical

En la mayoría de los emplazamientos el diagrama de radiación vertical estará influenciada hasta cierto punto por la energía reflejada por el terreno. Las magnitudes de los máximos y los nulos dependerán de las características de reflexión del terreno reflectante y el número de máximos y de nulos dependerá de la altura por encima de la superficie reflectante de la antena.

Los máximos y los nulos ocurrirán a intervalos de aproximadamente $n\lambda/4h$ radianes, siendo λ la longitud de onda, h la altura efectiva de la antena y n un número impar para máximos y par para nulos. En la figura 4.1 se ilustra la geometría de la reflexión, la estructura del lóbulo resultante y las variaciones de intensidad de señal en función de la distancia según lo observe una aeronave a altitud constante. Esta aproximación en el cálculo de los máximos y de los nulos solamente es valido si el terreno reflectante es esencialmente nivelado en una distancia aproximada de 2.8 a 5.6 Km.(1.5 a 3 NM), dependiendo de la altura de la antena. Un terreno en pendiente puede inclinar la

configuración de los lóbulos hacia arriba o hacia abajo. Debe prestarse particular atención a la selección del emplazamiento y a la altura de la torre de la antena para que se obtenga la mejor eficacia operacional posible.

Si se levanta la altura de la antena esto tiende a aumentar el número de nulos pero se reduce la profundidad de cada uno de los nulos. Esto se muestra en la figura 4.2 que representa los diagramas de lóbulos de determinada antena a alturas eficaces de 8.5 mts y de 25 mts.

4.2.2.4- Sistema de alimentación

El sistema de alimentación de la estación terrestre conecta la antena con los transmisores y receptores e incluye canales conjuntos rotativos, cables coaxiales y unidades de transferencia RF. Las características del sistema de alimentación son una parte importante del sistema total, especialmente en relación con los sistemas por monoimpulsos en los que la fase y la amplitud pareadas de cada canal del sistema de alimentación deben mantenerse dentro de tolerancias apropiadas para el tipo de procesamiento que se utilice.

4.2.3- Vigilancia de la estación de tierra SSR

4.2.3.1- Vigilancia del interrogador

La vigilancia de la eficacia de la estación de tierra exigida por el Anexo 10 de OACI¹ se requiere para dar al personal responsable una indicación de que el equipo está funcionando satisfactoriamente dentro de los límites del sistema prescritos en el anexo 10 de OACI, vol. IV, cap. 3 y para dar inmediatamente una indicación de cualquier falla significativa que esté produciéndose en el equipo. Es de desear que se proporcione vigilancia continua respecto a los parámetros del sistema enumerados en a) y b) y que se den indicaciones de alarma en caso de que falle este mismo dispositivo monitor.

a) Intervalos de Impulsos: Deben proporcionarse medios para medir el espaciado entre impulsos respecto a todos los modos que hayan de ser empleados (Anexo 10 de OACI, vol. IV, cap 3).

b) Niveles Relativos de Impulsos radiados por el Interrogador: Cuando se proporciona la supresión de lóbulos laterales, la vigilancia de este parámetro es de suma importancia y debe estar asociada a las tolerancias indicadas en el anexo 10 de OACI.

Además del transpondedor de prueba descrito en lo que sigue, debe proporcionarse un generador de blanco de prueba que incorpore señales de prueba vídeo al sistema en modo S para fines de simular respuestas procedentes de aeronaves dotadas de modo S. Puede utilizarse este generador para vigilar la integridad del sistema y pueden realizarse verificaciones respecto a preámbulos distorsionados, mensajes distorsionados, calidad de respuesta deficiente, vídeo ruidoso, etc.

4.2.3.2- Otros Parámetros del Sistema: también es de desear que se supervisen o verifiquen periódicamente los siguientes parámetros del sistema SSR:

a) **Radiofrecuencia del interrogador.** Suponiendo que se utiliza un oscilador controlado por cristales de cuarzo de alta estabilidad, como elemento de control de la frecuencia del SSR, solamente será necesario determinar periódicamente si se satisfacen los límites de tolerancia especificados en el Anexo 10 de OACI, vol. IV, cap.3, 3.1.1.1.2, 3.1.1.1.3 y 3.1.2.1.1.

b) **Duración de los Impulsos del Interrogador:** La medición precisa de la duración de los impulsos del interrogador es un medio para verificar si se transmite el diagrama correcto de interrogación. Un método menos preciso es el de utilizar un transpondedor fijo situado cerca de la estación de tierra (véase más adelante la vigilancia de funcionamiento del sistema). La presencia

¹ Anexo 10 de OACI se refiere al anexo 2 de este documento.

continua de respuestas procedentes de este transpondedor fijo proporciona una medida de confianza de que el interrogador está funcionando adecuadamente.

c) **Potencia Radiada:** La medición en línea de la potencia del transmisor es una técnica para verificar si se observa la limitación de la ERP recomendada en el Anexo 10 de OACI, vol. IV, cap.3, 3.1.1.8.2. Si se implantara, el dispositivo monitor de prueba debería ser capaz de detectar la potencia del transmisor tanto por encima como por debajo de los límites normales.

d) **Lugar para los avisos del dispositivo Monitor:** El lugar preciso para la indicación de avisos del dispositivo monitor es asunto que han de determinar las administraciones interesadas atendiendo las circunstancias locales, pero teniéndose también en cuenta la necesidad de impedir la presentación errónea al controlador sin que este sea consiente de ello.

4.2.3.3- Vigilancia del Receptor

Debe vigilarse continuamente la sensibilidad del receptor. En los sistemas receptores que emplean técnicas por monoimpulsos y/o RSLs, debe vigilarse la sensibilidad de todos los canales del receptor. Deberían verificarse periódicamente la armonización de la sensibilidad, de la ganancia y de las respuestas en fase de los canales del receptor empleado en las técnicas por monoimpulsos y RSLs.

4.2.3.4- Vigilancia del funcionamiento del Sistema

El uso de un transpondedor instalado en un lugar fijo conveniente puede proporcionar una vigilancia útil del funcionamiento general del sistema SSR. La observación de las respuestas procedentes de un transpondedor fijo puede servir para vigilar la precisión de la distancia y del ángulo de azimut del sistema de procesamiento y del sistema de visualización, además de proporcionar una verificación sencilla de las operaciones en enlace ascendente y enlace descendente. Frecuentemente es útil proporcionar una función de retardo en las respuestas del

transpondedor fijo para poder ajustar su gama de visualización, a fin de satisfacer los requisitos operacionales y técnicos locales.

Además puede también ser útil ajustar el umbral de nivel mínimo de activación del receptor y al nivel de potencia de salida del transmisor en el transpondedor fijo para proporcionar un dispositivo monitor del rendimiento general de la estación de tierra. [9]

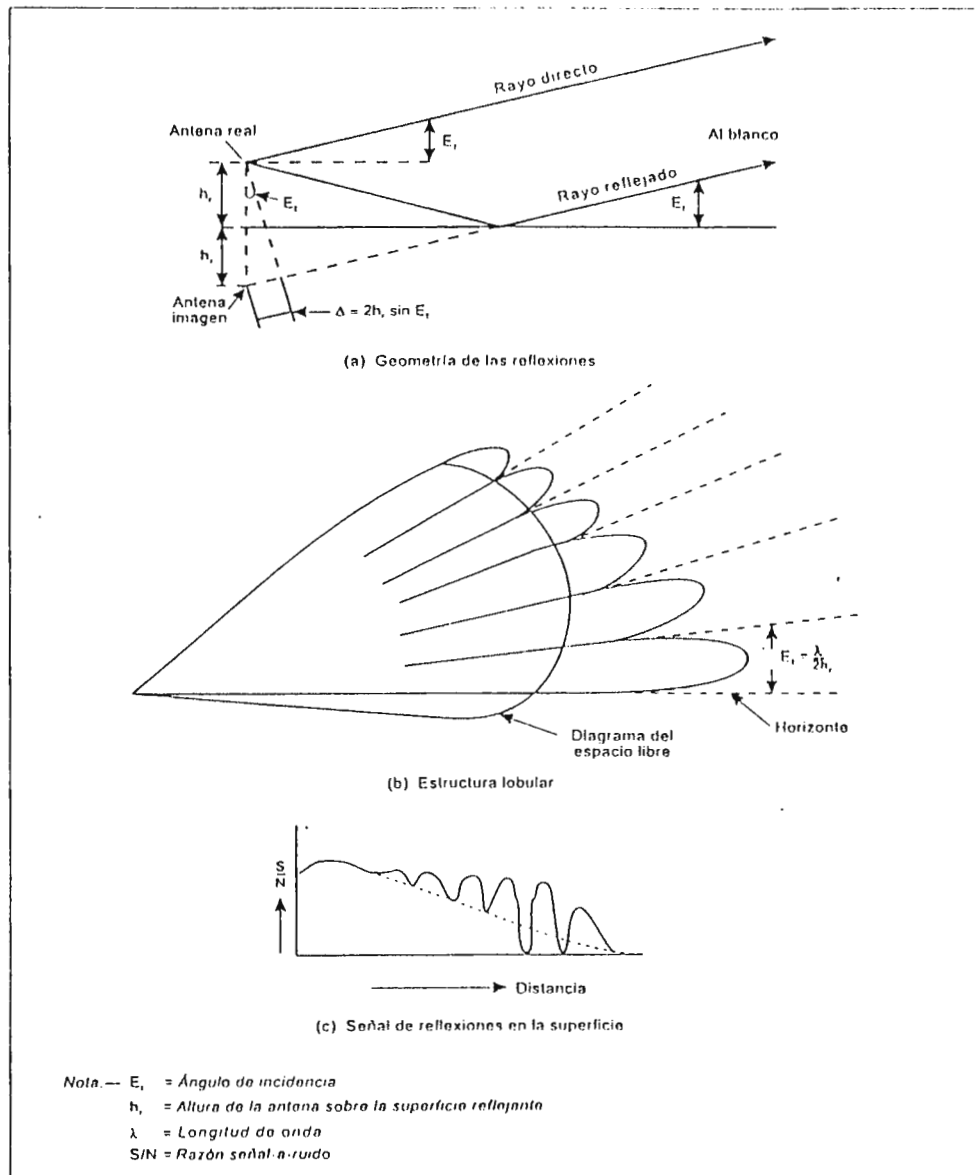


Figura 4.1- Efectos de las reflexiones de la superficie

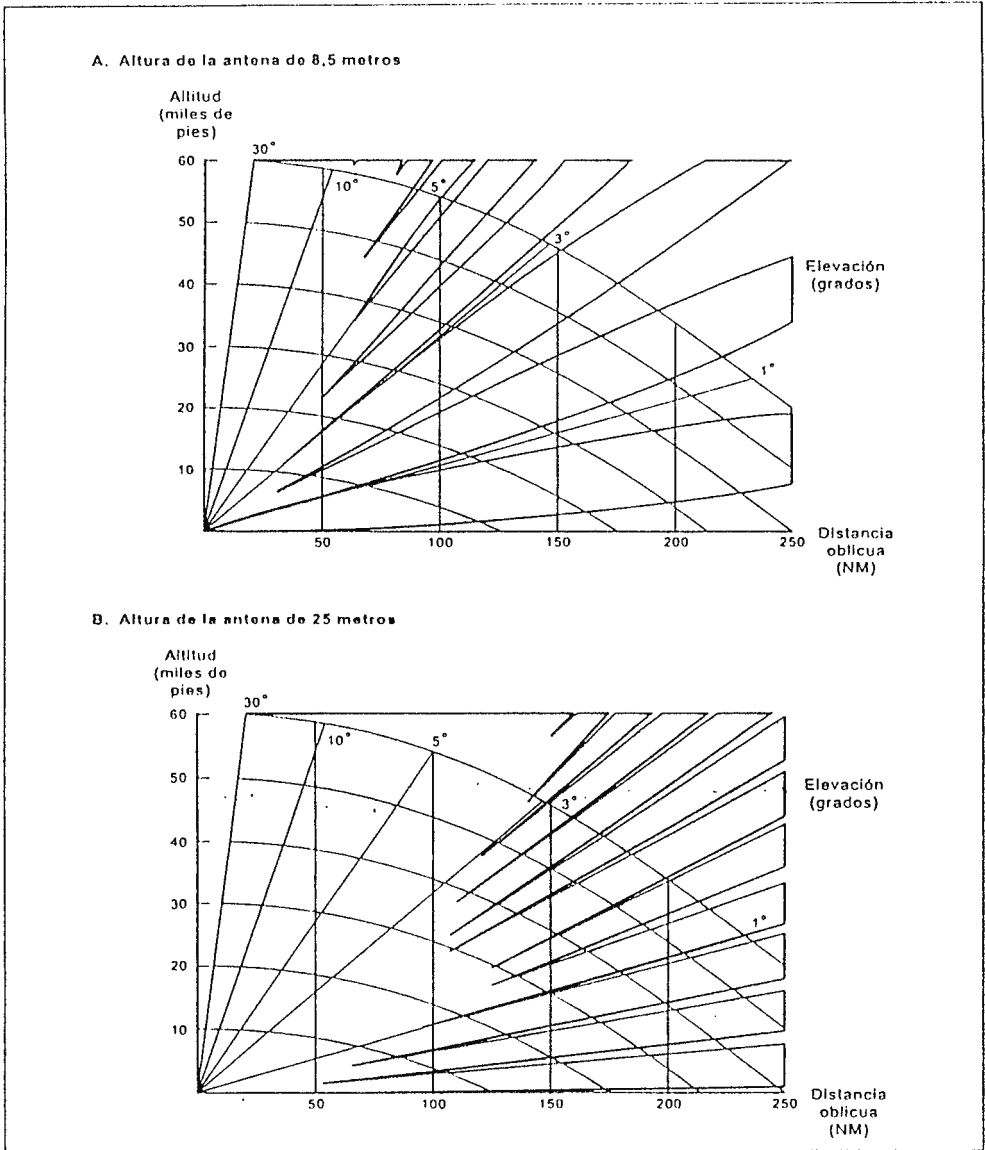


Figura 4.2- Envoltura de una estructura de l6bulos en una antena ordinaria que representa la probabilidad de detecci6n del 90%

4.3- EQUIPO INTERROGADOR/RECEPTOR SECUNDARIO MONOPULSO (SIR-M)

4.3.1- Informaciones generales

El SIR-M es la versión monopulso del SIR, Sistema de Radar Secundario. El equipo cumple plenamente con las recomendaciones OACI. El corazón del SIR-M es un rápido y muy especial computador radar.

Esta arquitectura proporciona al radar un alto grado de flexibilidad permitiendo la expansión del sistema a partir del SIR-R (SSR Tradicional) pasando por él (SSR monopulso) hasta el SIR-S (SSR de modo S). Todo esto simplemente añadiendo módulos.

El SIR-M para el Control del Tráfico Aéreo esta compuesto por un sistema redundante de dos canales con extractor integrado y sistema de conmutación automática, todo el equipo se halla en un gabinete. Cada canal esta integrado por un transmisor programable, un receptor monopulso con RSLs, un extractor un panel de control y una fuente de poder (Ver Anexo 6. figs. 6.1 hasta 6.3).

Este equipo es usado en conjunto con una antena plana del tipo "Open Array", misma que puede ser armada arriba de la antena primaria (On Mounted) o bien instalada separadamente (Off Mounted). Sin embargo su uso es posible también con una antena SSR integrada.

Las principales características del radar SIR-M son las siguientes:

- Precisión muy elevada en ángulos y distancia.
- Resolución muy buena en ángulos y distancia
- Receptor completamente monopulso.
- Equipo completamente en Estado Sólido.
- Extractor Integrado Programable.
- Potencia de salida Programable en Azimut
- Potencia de salida programable para P1-P3 y P2.
- GTC programable en Azimut y distancia.
- Canal receptor de RSLs e IISLS programable en Azimut (opción).
- "Defruiter" y "Degarbler" adaptivos muy sofisticados.

- Modos de interlazamiento completamente programables.
- Salida serial de los plots para transmisión en banda angosta.
- Control Remoto Total.
- Equipo de prueba integrado
- Blancos de prueba programables.
- Desempeño del mantenimiento por reposición de unidades enchufables.
- Expansible a: Versión Alta Potencia (HIGH POWER) (4KW), SLS, ascendible a Modo 4 y ascendible a Modo S.

4.3.1.1- Técnicas del Monopulso

El objetivo principal de la técnica es el de adquirir informaciones precisas en azimut contando solamente con una respuesta del "Transpondedor", mientras que un SSR tradicional necesita por lo menos 6-8 respuestas para permitir el cálculo azimutal en forma satisfactoria. Por lo anterior la técnica monopulso entregará con extrema exactitud la información de posición del avión.

El monopulso usa un patrón de antena de tipo suma y diferencia, incluyendo la información de fase, para obtener el rumbo exacto del avión respecto a la posición actual del haz principal. El OBA (Off Boresight Angle) por la respuesta del transponder esta calculado tomando en consideración la información de ambos suma (Σ) y diferencia (Δ) recibidos al mismo tiempo. Enseguida se traza el patrón de error. De esta manera por medio de una simple respuesta del transponder puede ser calculada la posición exacta del avión con relación a la posición de la antena.

El OBA representa la desviación angular, y el signo de la fase ((+) o (-)) indica si la desviación es la izquierda o a la derecha de la línea central. La técnica monopulso presenta varias ventajas sobre el sistema SSR convencional en donde el cálculo del azimut se lleva a cabo usando el sistema de conteo de respuesta por medio de la ventana móvil. Entre dichas ventajas hay:

- a) Baja sensibilidad hacia un patrón de respuestas reducido.
- b) Reducción de los "fruits" (respuestas no deseadas).

c) Degarbling eficiente.

a) Baja sensibilidad a un patrón pobre

El SSR tradicional es muy sensible a la falta de respuesta dentro del patrón de interrogación, esto es, el "tiempo sobre el blanco". Por otra parte la técnica monopolso calcula la posición por cada respuesta y por lo mismo es mucho menos sensible a este fenómeno. Las causas de un patrón pobre en respuestas y falta de las mismas son:

- Antena del avión tapada, causada por maniobras del mismo.
- Efecto captura de grupo, causada por el tiempo muerto del transponder mientras responde a otras interrogaciones.
- Sobreinterrogación del transponder.
- Pérdida parcial de visibilidad óptica debida a obstáculos.
- Fluctuación estadística del nivel de la señal.

b) Reducción de Fruits

Como se ha mencionado antes un sistema monopolso requiere solamente unas cuantas respuestas por rotación de antena. Por lo mismo es posible reducir la frecuencia de interrogación considerablemente lo que origina un número menor de fruits para los sistemas de SSR contiguos. El resultado total es menor corrupción de códigos y menos carga para el sistema de procesamiento.

c) "Degarbling" Eficiente

Una ventaja más de la técnica monopolso, es su capacidad inherente de poder distinguir dos aviones en una respuesta desvirtuada ("garbled"). Además puede reducir los efectos de "autogarbling" cuando se reciba un eco de respuestas múltiples. Esto es debido a que la dirección puede ser determinada por cada pulso dentro de cada respuesta. Un gran número de respuestas desvirtuadas se puede resolver usando el dato de distancia exacto y la información del monopolso.

El extractor integrado detecta la distancia de los frentes de subida y de bajada de cada pulso y midiendo la distancia entre ellos se determina si la información es originada por uno o dos

aviones traslapados en este caso la distancia y la información de azimut del monopolso son esenciales para discriminar entre pulsos traslapados recibidos en el mismo tiempo pero con diferente OBA. Además, usando la información de “garbled” y “not garbled” por cada respuesta, es posible reconstruir el código correcto aplicando las técnicas de correlación avanzadas del Firmware del extractor.

4.3.1.2- Características Antirreflección

En un sistema SSR, las reflexiones pueden ser extremadamente molestas. Las reflexiones pueden dar lugar a respuestas de los transponders, a interrogaciones indirectas dando lugar a cálculos erróneos en la posición del avión. La desviación angular del haz de antena puede ser más o menos seria y dar lugar a dos diferentes fenómenos.

Cuando el avión es interrogado por un haz reflejado, por lo general en una rotación de antena se originan dos respuestas, es decir una relativa a la posición real del avión mientras que la otra viene siendo su imagen fantasma. Cuando el avión está dentro del haz, solo uno será mostrado pero en una posición equivocada. Estos efectos, causado por lóbulo horizontal y trayectorias múltiples de recepción, pueden posteriormente ocasionar estimaciones erróneas de posición azimutal y corrupción de los códigos.

Las reflexiones pueden ser consideradas una degradación general del sistema de antena, con un incremento de lóbulos laterales ocasionados por parámetros externos como la ubicación de la antena. Los remedios que se pueden aplicar son similares a los que se usan contra los lóbulos tradicionales, pero para no influenciar al SSR sin necesidad, estos serán aplicados en forma selectiva o adaptativa. El incremento de lóbulos laterales no tendrá efecto en la interrogación solamente, sino también en las respuestas recibidas.

Cuando el patrón de antena se modifica por causas externas y las relaciones de fase están distorsionadas, las estimaciones del monopolso se vuelven dudosas, y por ende se deben de buscar otros arreglos y otros algoritmos.

a) Sistema de Antena

El sistema de antena tiene un papel muy importante en evitar las reflexiones. La mayoría de las superficies reflejantes se encuentran normalmente abajo del centro eléctrico del haz. En el caso de que la antena tenga un afilado corte inferior, las superficies reflejantes no son iluminadas y de esta forma los lóbulos imputables al sitio se ven reducidos.

Las antenas SSR convencionales tienen un funcionamiento muy pobre en este sentido. La antena OPEN-ARRAY, cuando esta bien diseñada, da la posibilidad de obtener el patrón vertical deseado. Una buena antena OPEN-ARRAY presenta un patrón inclinado de 1.8 dB/grados sobre el horizonte, reduciendo de esta manera la iluminación. Además la antena SSR integrada que se usa en el radar primario de vigilancia en banda S, misma que usa el reflector para obtener un buen patrón vertical, presenta una brillante solución a este problema.

b) Potencia Programable en Azimut

La potencia transmitida puede programarse en pasos de 2.8° en toda dirección, se puede reducir la potencia en una cierta dirección, hasta que la reflexión desaparezca. Además se puede disminuir la potencia en todas las direcciones que no son de interés para su centro de control. Si por otra parte llegaran a ocurrir lóbulos verticales puede resultar útil poder aumentar la potencia exclusivamente en aquellas direcciones en donde se presenta el fenómeno de tal forma que los huecos de la cobertura desaparezcan.

c) Modulación de Potencia Pulso por Pulso

El transmisor del SIR-M puede también ser programado para cambiar el patrón de interrogación por tener la capacidad de cambiar instantáneamente la proporción P1-P3 y P2. Por medio de la técnica de modulación "pulso por pulso" del patrón ISLS (omnidimensional) puede ser cambiado como se desee en aquellas direcciones donde las reflexiones causan distorsión de la

forma del haz, o sea, lóbulos laterales causados por obstáculos cercanos y reflexiones del terreno o bien radomos con estructuras metálicas. Ver fig. 4.3. La modulación pulso por pulso es usada también con el IISLS.

d) IISLS

IISLS es un método, originalmente desarrollado por la FAA, para reducir los efectos o reflexiones de la señal transmitida por el interrogador. Este método se usa cuando el ISLS resulta insuficiente. Sin embargo el método IISLS tiene algunas desventajas cuando se usa constantemente, por lo mismo su uso se debe delimitar. Siendo el SIR-M un equipo programable en azimut, este emplea dos transmisores en paralelo, uno para el patrón suma y otro para el patrón omega. Las mayores ventajas de esta solución son:

- Gracias a un paquete hardware adicional el IISLS se puede añadir al sistema en el campo previa verificación de su necesidad.
- El efecto "captura de grupo" se reducirá considerablemente, porque el IISLS se usara exclusivamente hacia la dirección con problemas de reflejos.

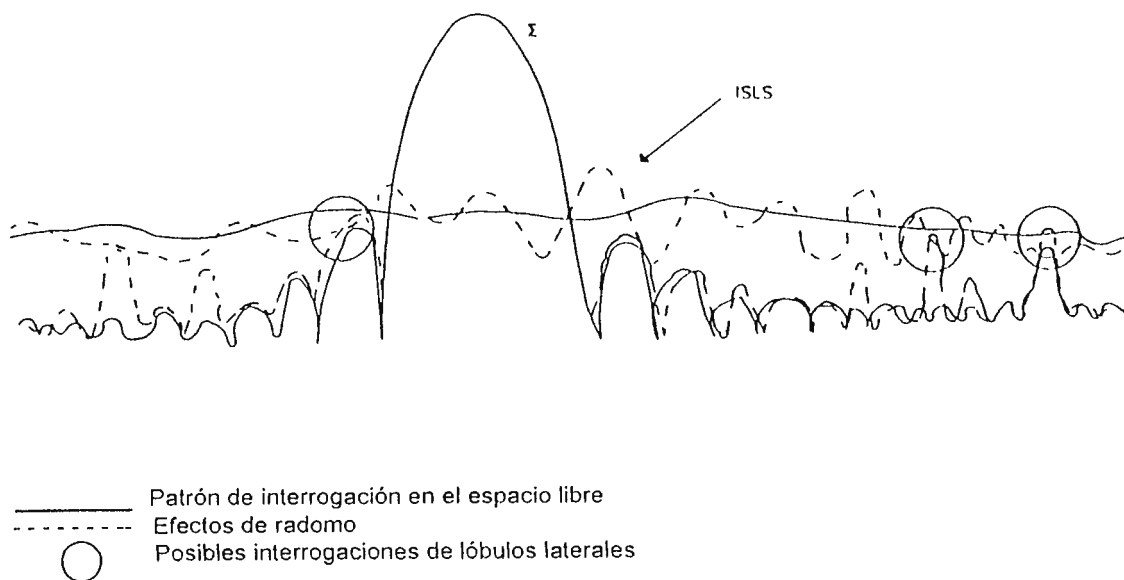


Figura 4.3- Modulación de potencia pulso a Pulso en el control azimutal del patrón ISLS

e) STC Ajustable en Azimut y Distancia

El receptor esta equipado con STC ajustable con una pendiente de 6dB/octava. El inicio de la gráfica STC, así como el inicio de la atenuación pueden ser variados. Además es posible ajustar una atenuación en acimut y distancia, ver fig.4.4.

Esta característica es muy útil en lugares donde otro tipo de sistema antirreflejos a fracasado. Al programar un mapa, la sensibilidad del SSR se reduce en las zonas en donde se presentan fantasmas. La programación es también útil en áreas en donde se presenta el efecto de desvanecimiento debido al lóbulo vertical, al lóbulo horizontal y a la distorsión de la forma del haz.

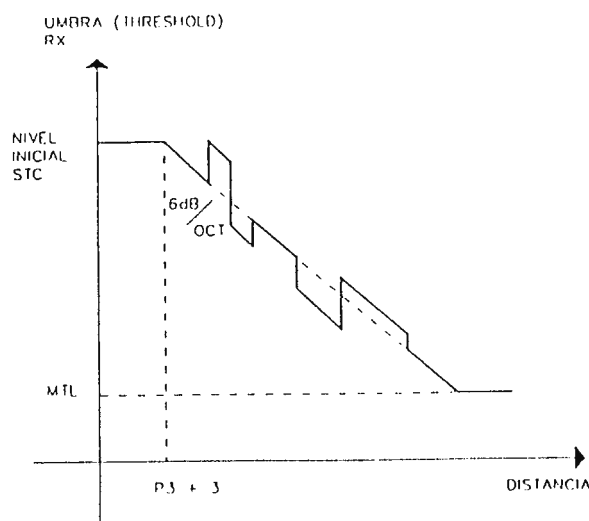


Figura 4.4- Ajuste típico del STC

f) Eliminación de los lóbulos laterales en recepción

En áreas con presencia de varios SSR, interrogando un avión se genera un número de fruits muy alto por lo que la técnica de limpieza "Defruiting" debe ser implementada. Hay que recordar que un número excesivo de fruits puede sobrecargar al extractor. El SIR-M esta equipado con el sistema RSLs que reduce los efectos de los fruits.

Un tercer canal de recepción esta conectado al control "OMEGA" del patrón de antena. Durante la recepción, las respuestas recibidas por "SUMA" son comparadas con las recibidas por la antena "OMEGA". El extractor computarizado se encargará de eliminar todos los fruits cuya proporción SUMA/OMEGA esté por debajo del umbral preestablecido.

4.3.2- DESCRIPCION DEL EQUIPO

El SIR-M ha sido diseñado de acuerdo a las especificaciones del ANEXO 10 de OACI. Este sistema interroga todos los aviones equipados con transponder OACI o IFF. Las señales de respuesta son procesadas por el SIR y enviadas a la salida en forma digital en calidad de plots seriados.

EL SIR-M en la versión estándar es un sistema a doble canal con dispositivo para cambio automático incorporado y un Sistema de antena.

Cada canal se compone de las siguientes partes:

- CONTROLADOR/EXTRACTOR (con tablero de control respectivo)
- TRANSMISOR PROGRAMABLE
- RECEPTOR (SUMA /DIFERENCIA /OMNI)
- FUENTE DE ENERGIA

Los componentes involucrados en el cambio de canal son los siguientes: circuito de cambio R.F. y circuito de desviación de las señales(Localizado en uno de los extractores).

4.3.2.1- Descripción general. (Ver el diagrama a bloques general fig. 4.5 y 4.6)

La señal RF-CW generada por el oscilador de cuarzo es modulada en el transmisor por medio de los pulsos provenientes del CONTROLADOR-EXTRACTOR. Se generan así los pulsos de interrogación de RF P1, P2 y P3 que son enviados al Switch de RF que separa P1 y P3 de P2, enviándolos a la sección patrón SUMA mientras que P2 queda enviado a la sección del patrón OMNI.

Antes de llegar al circuito de desviación de RF, las señales pasan a través de unos acopladores que permiten al extractor verificar la exactitud de la potencia directa y de la reflejada, sin modificar las señales de transmisión.

Las señales RF en la salida del circuito de conmutación son enviadas hacia la antena. Las señales recibidas (respuesta SSR del transponder) son enviadas del circuito de conmutación a un acoplador y de ahí al receptor que se encarga de amplificarlas y detectarlas.

La salida del receptor o sea el vídeo crudo es enviada al CONTROLADOR/EXTRACTOR. Este tiene la capacidad de elaborar las señales en forma muy rápida, extrae los datos y formatea la salida para la transmisión serie (Plots Seriadados). Así seriadados, los datos pueden ser enviados al procesador de la cabeza radar o bien por medio de un MODEM pueden ser transmitidos directamente en banda angosta hacia el sitio remoto.

Por medio del sistema de transmisión de los plots es posible enviar al centro ATC teleseñales (situación de alarmas y condiciones de operación) y al mismo tiempo recibir telecontroles (ordenes operativos). Normalmente se recomienda el uso de un teletipo y una pantalla Monitor para obtener el control del sitio.

4.3.2.2- Funciones remotas

Por medio de un teletipo (TTY), localizado en el centro ATC y conectado al Procesador de datos Radar es posible controlar al sistema y tener en pantalla el estado del sistema con eventuales alarmas.

4.3.2.3- Expansión

La Modularidad de la nueva familia de radares secundarios permite una fácil expansión a versiones más elaboradas y sofisticadas. El sistema SIR-M puede ser expandido para obtener características de precisión y satisfacer cualquier requerimiento o necesidad que pueda surgir en el futuro.

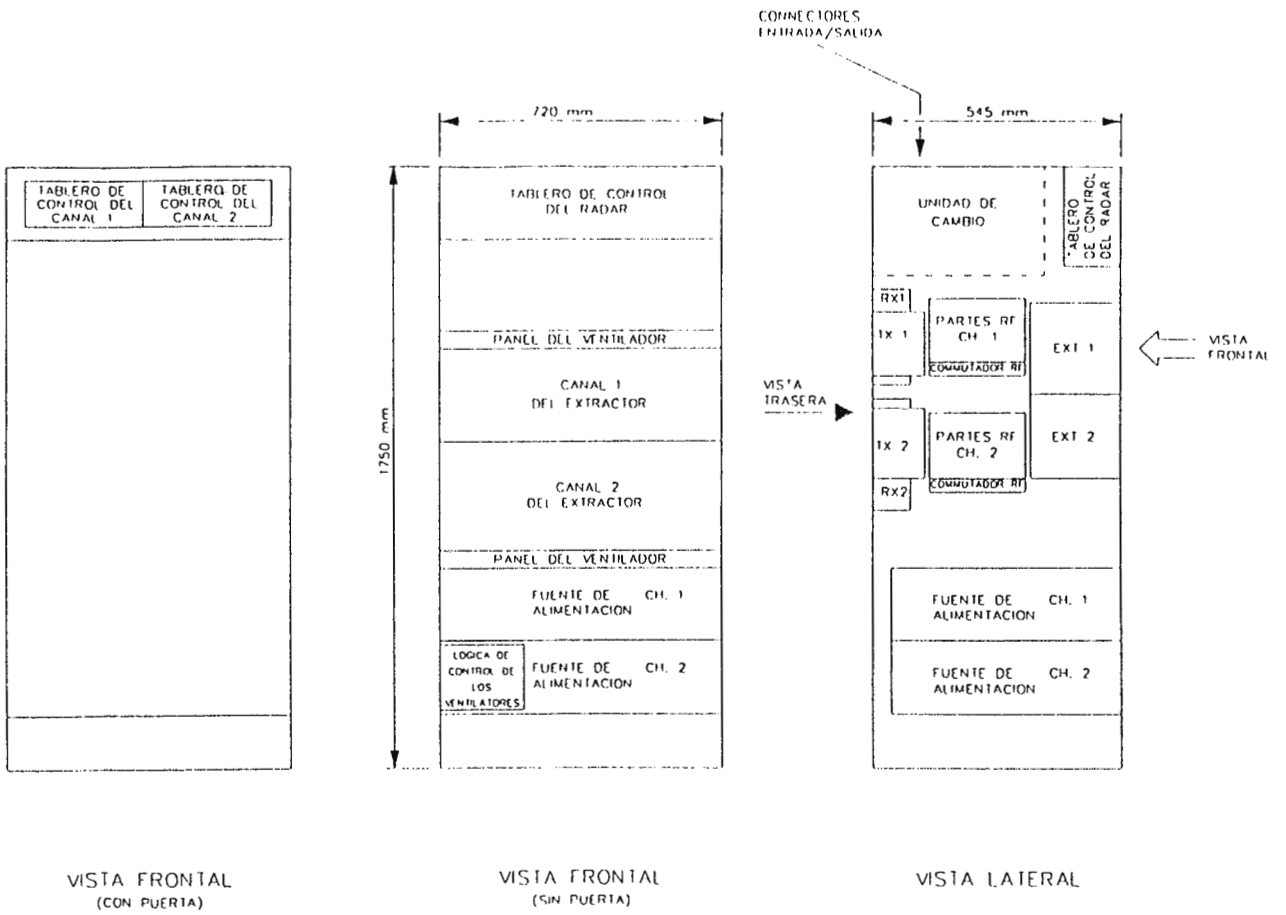


Figura 4.5- Forma del gabinete SIR

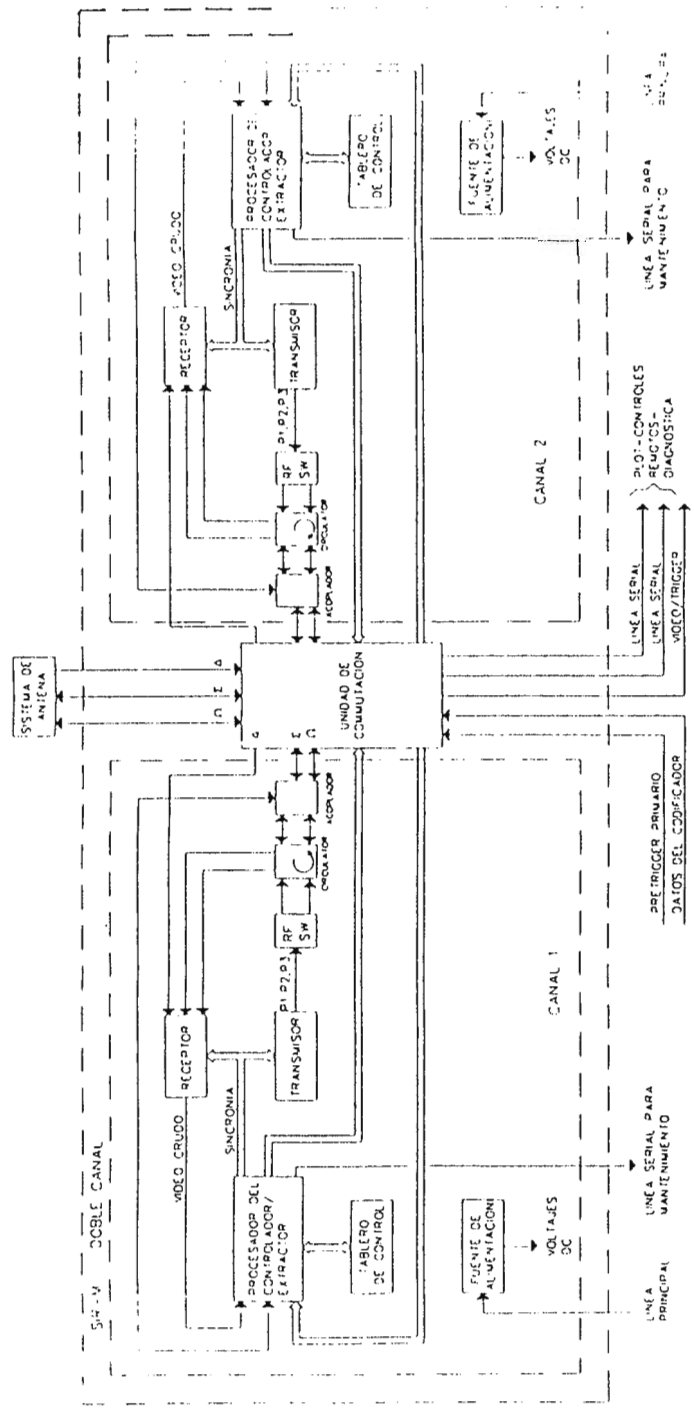


Figura 4.6- Diagrama a bloques general del SIR-M

4.3.3- IDENTIFICACION DE LA VERSION

El SIR-M esta disponible en una versión estándar a doble canal. A esta versión estándar se pueden añadir varias opciones como:

1) Supresión mejorada de los lóbulos laterales de la vía de interrogación (IISLS). Para obtener esta configuración es necesario añadir un transmisor al sistema estándar.

2) Transmisor de alta potencia. Añadiendo una unidad de transmisión es posible aumentar la potencia máxima del SIR-M desde 2 KWP nominales.

3) Sitio radar sin personal. Cuando un sistema ATC esta compuesto por un radar Secundario en un sitio sin personal, el SIR-M puede recibir en entrada todas las teleseñales del sitio que se tenga que enviar al centro remoto por medio de las mismas líneas series en que se transmiten los plot secundarios.

4) Modo SIR-S. La versión SIR-M puede ser modificada en SIR-S, añadiendo algunos módulos al transmisor. El receptor y el extractor/controlador siguen siendo los mismos, pero en este caso puede ser necesario aumentar la capacidad de RHP (procesador de la Cabeza Radar).

4.3.4- CARACTERISTICAS TECNICAS

En este párrafo se enumeran las características principales del Sistema SIR-M en la versión estándar a doble canal. Todos los ajustes operativos se seleccionan por medio del teclado del tablero de control.

El CONTROLADOR/ EXTRACTOR lleva a cabo las siguientes funciones: eextracción de datos, regulación de tiempos, Mapas, programas de diagnóstico y control remoto.

Las características técnicas del SIR-M han sido divididas idealmente en 6 partes: Transmisor, Receptor, Controlador/Extractor, Unidad de Conmutación, Fuente de energía, BITE/BIT. En la tabla 6.1 del Anexo 6 se resumen las características técnicas del SIR-M.

4.3.4.1- Características de la fuente de energía

La fuente de energía del SIR-M es de 220 Vca +/-10%, monofásica (ó 115 Vca). Las variaciones en la línea principal no deben pasar del 30% del voltaje nominal por un periodo de <500ms y deben tener un tiempo máximo de recuperación de 5seg. La frecuencia de la red debe de estar entre 45 y 450 Hz +/-10%. La potencia máxima absorbida entre las variaciones de canal único a doble, de 700W a 1500 W. Las características de la alimentación se resumen en la tabla 6.2 del anexo 6.

4.3.4.2- Características ambientales

Con él termino “Características Ambientales” se definen todas aquellas condiciones que conciernen al ambiente en que el sistema queda instalado, como temperatura, humedad y choques Térmicos. La temperatura de almacenamiento del sistema puede variar entre 10°C y 65°C, mientras que la temperatura de operación puede variar solamente entre 0°C y 50° C.

Es necesario cuidar que las variaciones de temperatura no rebasen los 10°C por hora, para de esta forma evitar los choques términos al equipo. Los valores máximos permisibles de humedad son del 90% a los 30°C. La tabla 6.3 resume las características ambientales.

4.3.4.3- Características mecánicas

La tabla 6.4 resume las características mecánicas (dimensiones y pesos) del sistema SIR-M y de sus principales unidades.

4.3.5- OPERACION

4.3.5.1- Información básica

El SIR-M fue diseñado con el fin de verificar fácilmente que sus funcionamientos corresponden a las características especificadas. Por esta razón, las secciones de transmisión y

de recepción están equipadas con circuitos verificados de funcionamiento. Estos circuitos monitorean continuamente la potencia de salida del transmisor y la sensibilidad del receptor.

Además cada carta tiene un Equipo de prueba integrado el cual señala su correcta operación. Por lo que respecta a las cartas del controlador/extractor, sus principales funciones son mantenidas constantemente bajo control por medio del programa operativo.

Los funcionamientos típicos proporcionados por el radar secundario (SSR) son los siguientes:

- 1) Si las características del lugar no lo requieren de otro modo, el alcance estará comprendido entre 1 y 200 MN (1MN=1.852Km.) para una altitud alrededor de los 60,000 pies (1pie=0.3048m) y con ángulos de elevación comprendidos entre 0.5 y 45.
- 2) La probabilidad de detección del blanco en el alcance máximo del radar será por lo menos el 90% de las exploraciones del radar.
- 3) Cada blanco no será presentado más de una vez en cada exploración. De otra manera esto puede depender de: Interrogación o respuesta de lóbulos laterales e Interrogación por medio de multitrayectoria.
- 4) Observando el vídeo primo, los blancos aparecerán bien definidos dependiendo de la distancia del sitio del radar y del número de interrogaciones validas de acuerdo a la fórmula que sigue

$N_{hit} = (T_{scan} \times PRF / 360) \times \alpha$ Donde:

N_{hit} = número de aciertos/exploración

PRF = PRF del equipo (Hz)

T_{scan} = Tiempo de exploración de la antena (segundos)

α = Anchura del haz (grados)

Las respuestas de vídeo primo debidas a aeronaves comerciales son diferentes de las debidas a aeronaves militares, puesto que estas últimas, interrogadas normalmente en modo 3/A-C, responden solo al modo 3/A. [L]

4.4-CONSOLA RADAR

4.4.1- Composición del sistema

Se tomará como guía la composición del sistema CDS-90/M como ejemplo demostrativo y real de una consola radar:

El sistema esta compuesto de las siguientes unidades (ver fig. 4.7):

- a) GABINETE
- b) UNIDAD CENTRAL
- c) TABLERO DE CONTROL LOCAL
- d) SISTEMA DE VENTILACION (ventilador)
- e) TABLERO DE CONTROL REMOTO (opcional)
- f) CONSOLA : MONITOR DE T.V. y TECLADO

a) GABINETE

El equipo esta instalado en un gabinete común de 17 pulgadas, el cual contiene todas las unidades que lo componen.

b) UNIDAD CENTRAL

La unidad central presente en el equipo está compuesta de las siguientes partes: Un sistema de alimentación de energía que esta compuesto de dos módulos de alimentación de energía de conmutación y generan los siguientes voltajes: Power supply. +/- 5V/ 6A y +/- 12V/6A. Además tiene una tarjeta que hace la función de procesar las señales de videos Radar crudo a fin de generar una información radar con norma compatible a la información elaboradas por el Graficador Low-End (G.L.E) y el Procesador y generador de vídeo gráfico (PVGG). Para la

presentación de mapas, el microprocesador re-llama de la memoria del sistema la tarea gráfica relativa y la transfiere al graficador a fin de presentarla en el monitor de T.V.

c) TABLERO DE CONTROL LOCAL

En el equipo está presente un tablero en donde el operador puede enviar los comandos operativos necesarios para el uso del equipo. La lógica de intercambio del TABLERO de CONTROL esta basada en el microprocesador 8088 el cual maneja el intercambio entre el computador y el operador. El envío y recepción de los comandos operativos tienen lugar por medio de un controlador de comunicación serie el cual esta serialmente conectado a un módulo de una computadora 386.

d) SISTEMA DE VENTILACION

Cada unidad del equipo esta equipada con un sistema de ventilación compuesto de un soporte de metal conteniendo tres ventiladores.

e) TABLERO DE CONTROL REMOTO (OPCIONAL)

Esta unidad esta localizada en la consola del equipo y tiene la función de controlar a distancia los comandos de encendido y apagado y la brillantez del monitor de T.V. También contiene el alimentador de energía para el teclado de la consola del equipo.

f) CONSOLA

La consola del equipo esta compuesta de un teclado por medio del cual el operador selecciona las funciones requeridas y envía los comandos para la selección del modo de operación del equipo y de un monitor de T.V. de alta resolución (1024 líneas x 1280 celdas) monocromático o a color. El monitor de T.V. presenta la información de vídeo crudo y sintético.

4.4.2- FUNCIONES DEL EQUIPO

El equipo de consola radar es una pantalla de trama capaz de presentar datos de vídeo radar crudo y sintético. La información de vídeo procesada es presentada en un monitor de T.V. de alta resolución (1024 líneas x 1280 celdas) monocromático o de color. El equipo puede desarrollar las siguientes funciones operativas:

- Como Monitor instalado en la torre de control, como soporte para el control de tráfico en el área del aeropuerto.
- Como Monitor de mantenimiento en la Cabeza Radar, para verificar la funcionalidad del sistema radar. [M]

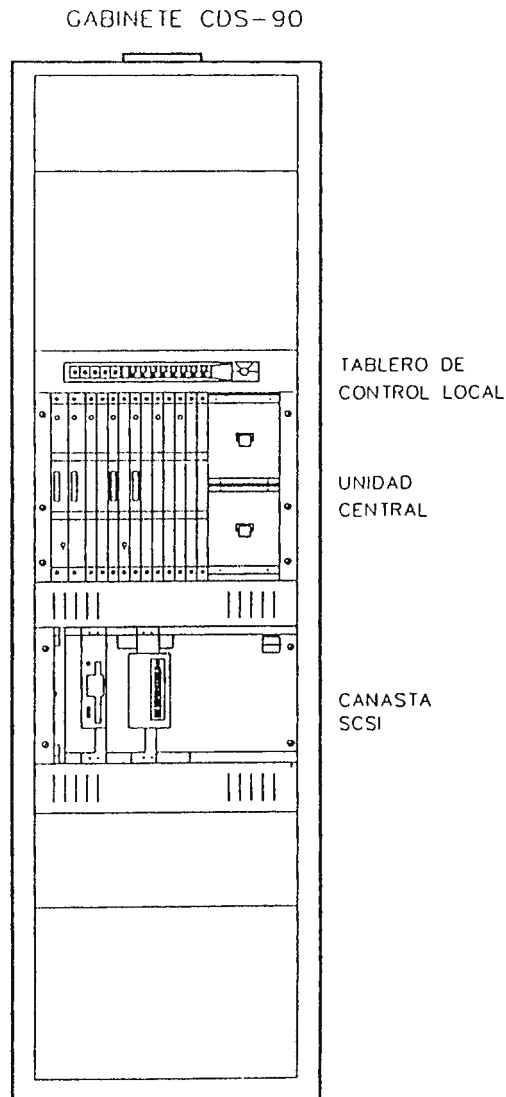


Figura 4.7- Gabinete general de consola

4.4.3- ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO

Características Principales:

Norma:	1024 línea/60 Hz, no entrelazado
Definición:	1280 celdas x 1024 líneas
Líneas Reales	960
Color	Monocromático o RVA,
Salida de vídeo	1 Vpp en cable coaxial de 75 ohms.
Salida de vídeo y Sincronía.	Separadas en cable coaxial de 75 ohms.
Distancia máxima Al monitor de T.V	Distancia máxima de 4 mts. Amplificador De línea de Vídeo necesario para distancias hasta de 100 mts.

ENERGIA Y AMBIENTE

Energía Principal	220V 10%, monofasico.
Frecuencia	50 Hz 5%
Absorción	1.5 K V A
Temperatura	De 0 a 50° C de almacenamiento
Humedad	Hasta 95% RH.

MONITOR DE T.V.

Monitor	Alta- Resolución.
Dimensiones del TRC	19"
Frecuencia de línea	54 KHZ
Celdas horizontales	1280
Frecuencia de Cuadro	50Hz
Líneas de T.V.	1280
Entrada de Vídeo	Analógica 1 Vpp, 50 ohms
Sincronía horizontal	TTL- 75 ohms
Sincronía Vertical	TTL- 75 ohms
Controles	A distancia.
Monocromático	Fósforo P31
Color	Norma RVA; 1Vpp en 50 ohms

Voltaje de alimentación	180V- 265V
Frecuencia	45-66 Hz

TECLADO

Teclado	Estado sólido, con microprocesador Interno
Interconexión	Serie RS-422, 8 bits USA ASCII + Paridad 5V CD 5%-350mA.

4.5- INSTALACION

4.5.1- Sitio de la instalación

Es muy importante, llevar a cabo la instalación con cuidado, a manera de obtener el mejor funcionamiento del sistema. La definición del sitio en donde se instale el equipo se determina analizando cuidadosamente las medidas del proyecto(ver fig. 4.5). En esta sección se dan también las precauciones para almacenamiento, transporte y la definición de las premisas adecuadas para la instalación del equipo.

No hay restricciones para la ubicación del equipo; sin embargo con el fin de asegurar su mejor utilización, es conveniente definir un sitio que satisfaga las siguientes necesidades:

- Espacio mínimo de aire de 1.5m en las partes frontal y posterior del gabinete.
- Ventilación adecuada (por lo menos 10m³ de aire por minuto)
- Iluminación adecuada.
- Piso y paredes convenientes para la instalación del equipo y el tendido de los cables.
- Las dimensiones mínimas de una sala para la instalación del equipo son 3mts. de ancho, 4 mts. de largo, 2.75 mts. de alto.
- El área del piso usado para el montaje del equipo, plano dentro de 0.08 cm.
- Disponibilidad de voltaje CA de conformidad con los requerimientos listados en la tabla 4.1.

Para instalar el equipo correctamente, llévense acabo las siguientes instrucciones preliminares:

- Preparar la base de montaje de acuerdo al plano de perforación mostrado en el esquema de dimensiones (fig. 4.5)
- Asegúrese de que la base este completamente horizontal dentro de 0.08 cm.
- Colgar el gabinete usando el perno de levantamiento y cuerdas adecuadamente largas, de tal forma que el fondo del gabinete se coloque horizontalmente y por lo tanto paralelo a la base de montaje. Cuando haya que decidir sobre el tipo de vehículo para el levantamiento, consulte los valores de peso listados en la tabla 4.1.
- Poner el gabinete de tal manera que las perforaciones de fijación estén alineadas y luego fijarlo en el lugar usando los tornillos adecuados contenidos en el kit de instalación.
- Controlar que las unidades se encuentren en sus posiciones correctas como se indica en la fig. 6.3 del Anexo 6.
- Controlar que las conexiones internas estén realizadas en conformidad con el diagrama eléctrico.

[L]

Gabinete	
Anchura:	720mm
Altura:	1750mm
Profundidad:	545mm
Peso (doble canal):	270Kg

Fuente de poder	
Voltaje principal:	220V +/-10% (115V con ajuste interno)
Frecuencia principal:	45 hasta 450 Hz +/-10%
Consumo(doble canal):	1500 W
Consumo(Canal sencillo):	700 W

Tabla 4.1- Especificaciones de instalación de la unidad SIR-M

4.5.2- Definición de las premisas de instalación para la consola radar

Las premisas con las cuales el equipo va a ser instalado son decididas examinando las dimensiones indicadas en las especificaciones del equipo. No hay restricciones en lo concerniente a la ubicación del equipo; a pesar de esto, las premisas van a definirse para satisfacer los siguientes requerimientos:

- Iluminación Suficiente.
- Suficiente ventilación y aire acondicionado.
- Habitación conveniente para los movimientos del operador.
- Pisos y paredes específicas para colocación y extracción del equipo y el tendido de los cables.
- Accesibilidad máxima para ajustes y mantenimiento.
- Filtrado de agentes externos (polvo, insectos, salinidad). **[M]**

4.5.3- Acondicionamiento de los equipos radar en el Aeropuerto Internacional de ILOPANGO

La sala de equipos de la torre de control esta distribuida de la siguiente manera:

Cuenta con seis frecuencias de Sistema Móvil Aeronáutico (AMS) situados en la sala de equipos de la torre de control las cuales se detallan a continuación (todas en MHz): 118.3 es ILOPANGO TORRE, 119.5 es APROXIMACIÓN, 121.5 es EMERGENCIA (ELT), 121.9 es CONTROL TERRESTRE, 127.1 es EL SALVADOR RADIO y 342.5 es HELICÓPTEROS (USO MILITAR).

Los equipos que generan estas frecuencias son los llamados transmisores AIRE/TIERRA los cuales están distribuidos en equipo duales. Además tienen cuatro consolas de control en la sala ATC y que cada una puede seleccionar una frecuencia para transmisión y recepción.

De acuerdo a las especificaciones dadas en la sección 4.5 especialmente en los apartados 4.5.1 y 4.5.4, se tiene que la sala de equipos de la torre de control de ILOPANGO cumple con estos requerimientos, y por lo tanto los equipos radar pueden ser instalados de manera satisfactoria y además operar sin ningún problema. En las figuras 4.8a, 4.8b, 4.9a y 4.9b se puede apreciar la distribución de los equipos actuales y como estarán con la inclusión de los equipos radar.

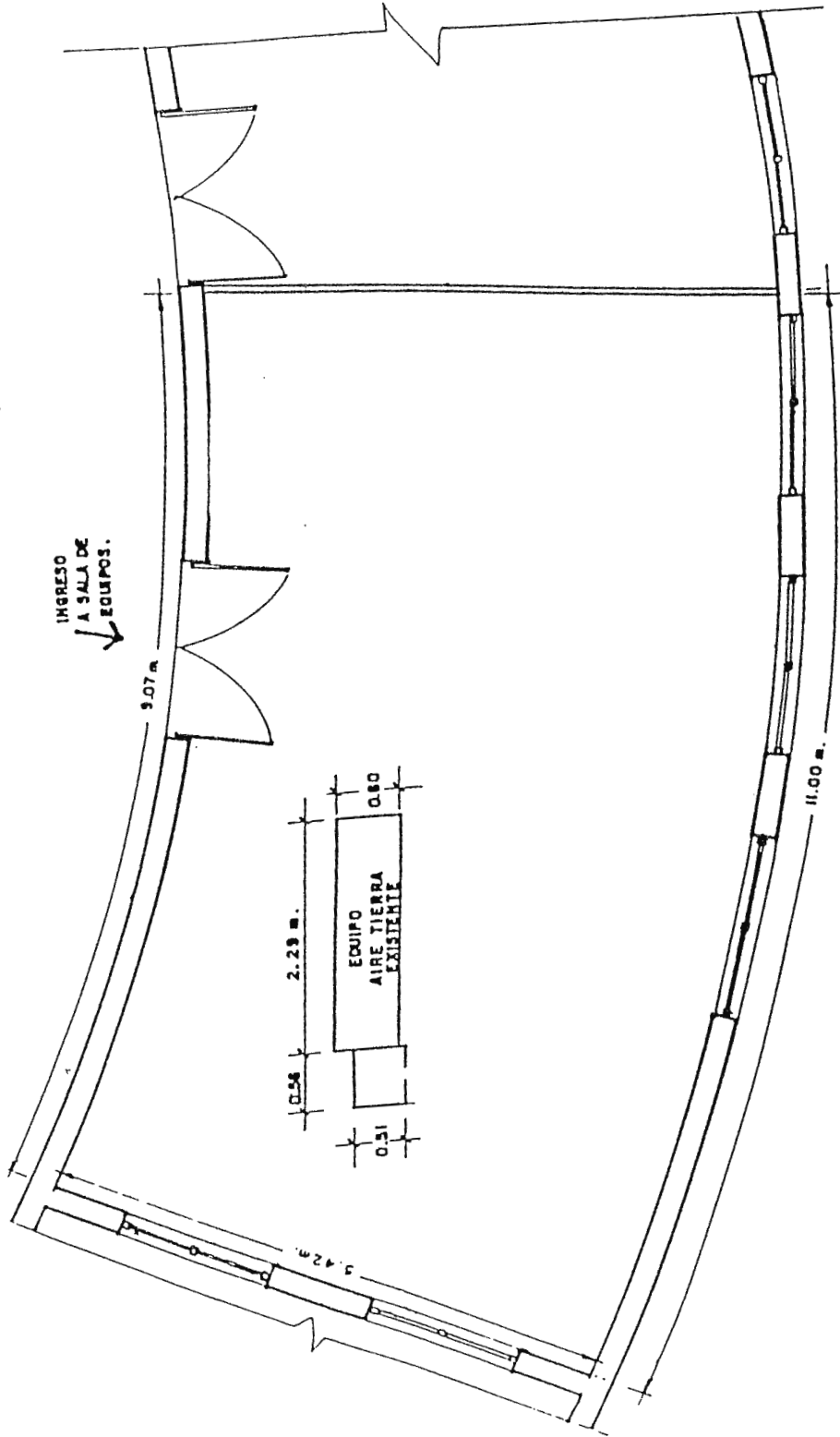


Figura 4.8a- Sala de equipos de torre de control actual del Aeropuerto de ILOPANGO

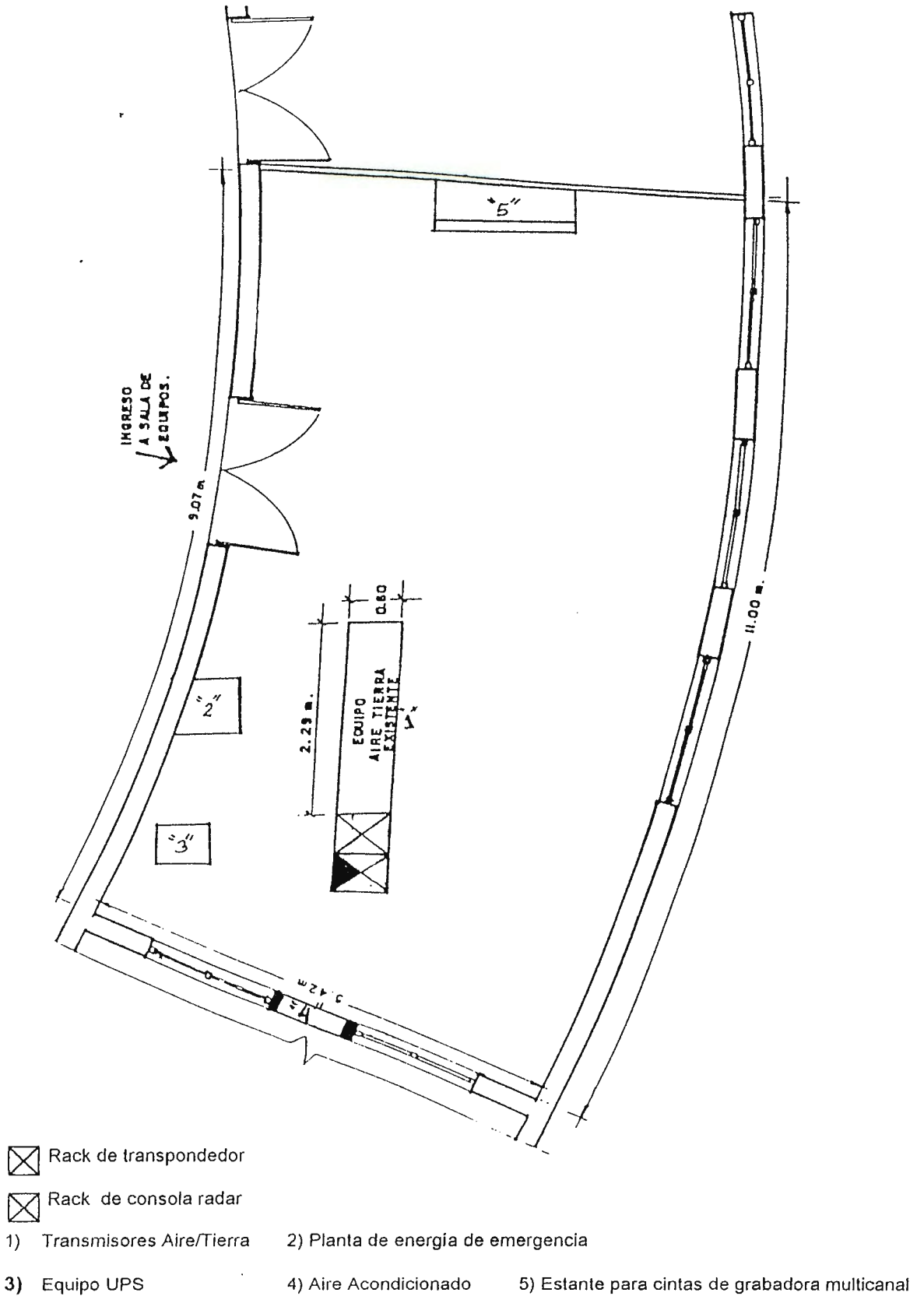


Figura 4.8b- Sala de equipos de torre de control con equipos radar

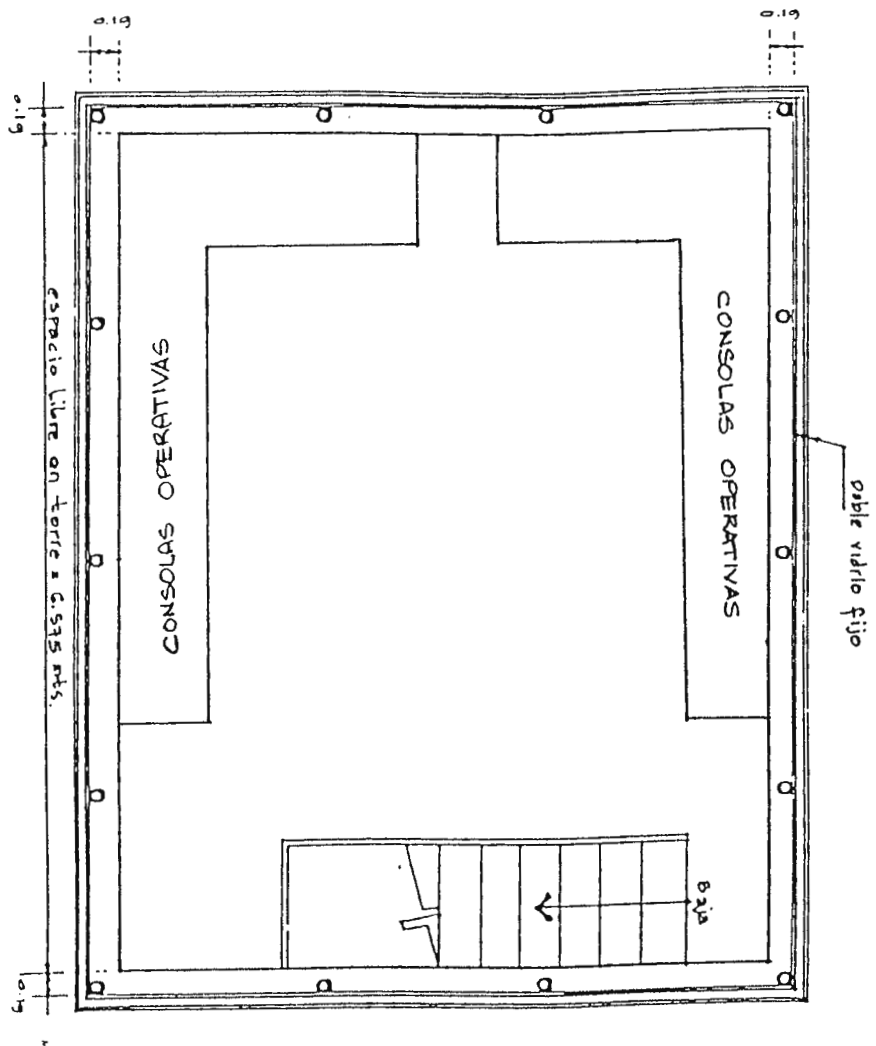


Figura 4.9a- Sala de control de tránsito aéreo (ATC) actual

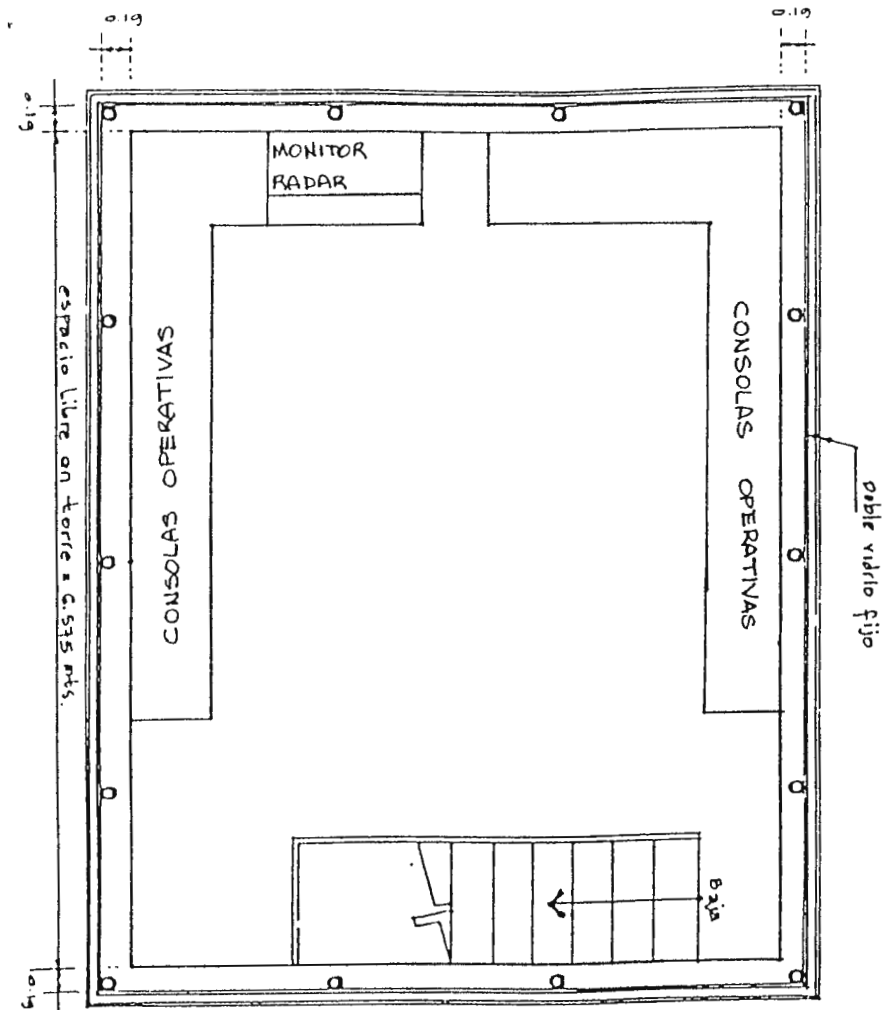
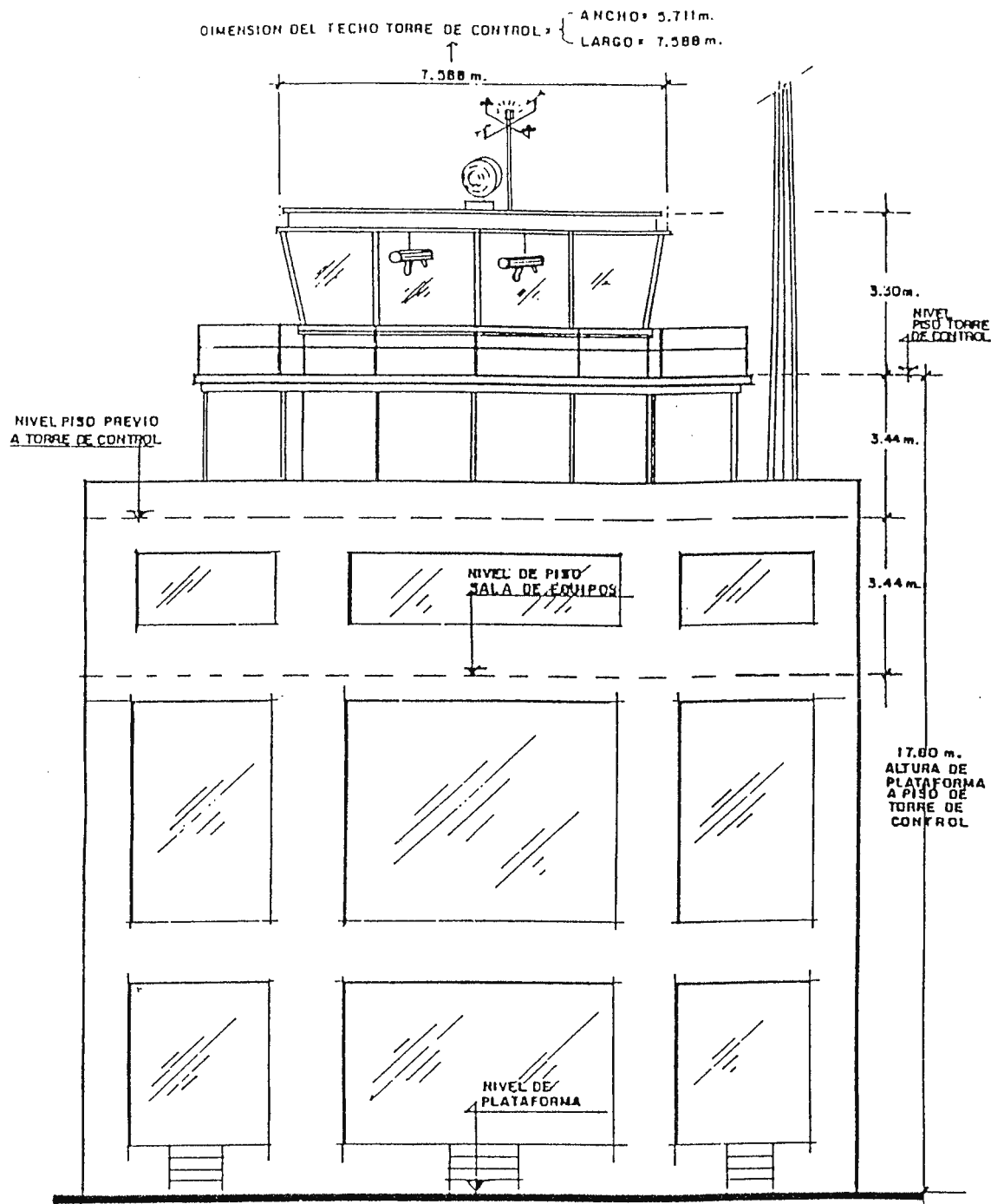


Figura 4.9b- Sala de control de tránsito aéreo (ATC) con monitor radar



ESQUEMA ELEVACION SUR ZONA TORRE DE CONTROL
 ALTURA DESDE PLATAFORMA A PISO DE TORRE
 AEROPUERTO INTERNACIONAL DE ILOPANGO
 ESC. 1:100

Figura 4.10- Torre de control

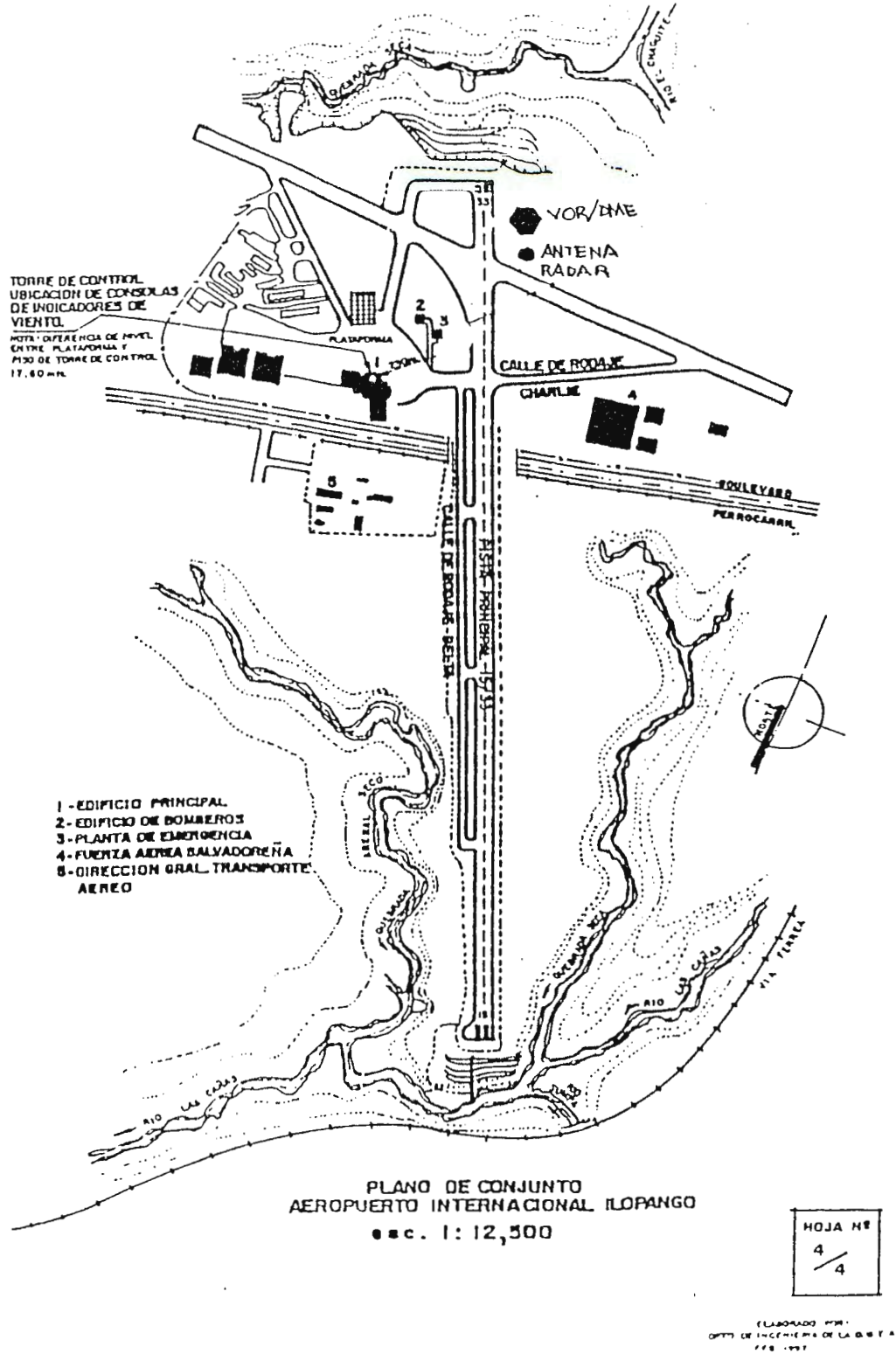


Figura 4.11- Ubicación geográfica de antena radar

En cuanto a la antena en el anexo 6, figura 6.4 se da un ejemplo de antena exploradora ALE-9 del SSR monopulso, en donde se especifican las partes que la componen con sus respectivas longitudes físicas que servirá como modelo. Aquí mismo se presenta en la tabla 6.5 los principales parámetros físicos de una antena radar SSR ALE-9, la cual servirá como ejemplo de una antena radar.

Se puede apreciar en el diagrama el número de columnas radiadoras, número de dipolos, longitud total del arreglo, altura total, peso total, etc. Además se puede observar unas interfases que lleva para su funcionamiento con todo el equipo radar.

En la tabla 6.6 están las características eléctricas básicas de la antena, y en las siguientes tablas 6.7, 6.8 y 6.9 las especificaciones de los patrones de elevación de los canales suma, diferencia, y SLS. Para obtener una mejor apreciación de las antenas radar obsérvese el anexo 5 "clasificación de las antenas radar". Aquí se presentan diferentes clases de antenas radar de acuerdo a sus diversas aplicaciones.

En la figura 4.11 se muestra el sitio estimado en donde se puede colocar la antena radar. Cabe mencionar que la torre que utilizara la antena SSR, también será capaz de soportar una antena de radar primario, si en el futuro se desea instalar.

En la sala ATC se encontrara la pantalla radar para que el controlador de torre tenga el control de las aeronaves que estén dentro de su radio de operación y poderles dar el servicio de control de transito aéreo. Las características técnicas, mecánicas y ambientales de la sala ATC y la torre de control del aeropuerto de ILOPANGO son adecuadas para el buen funcionamiento del monitor de pantalla radar.

Las características técnicas que se presentaron anteriormente para el monitor radar las cumple esta sala ATC. No se necesitara hacer cambios y arreglos significativos en cuanto a los equipos ya existentes en dicha sala, solo se acomodaría en un espacio adecuado el monitor. La otra parte de la consola radar estará como ya se dijo antes en la sala de equipos de la torre de control.

4.6- Modernización de los sistemas de Navegación del Aeropuerto Internacional de ILOPANGO

Como un medio de reforzar la justificación de este proyecto se presenta a continuación una descripción de las actividades a realizarse en el aeropuerto internacional de ILOPANGO,

Para que se cumplan de manera satisfactoria los objetivos de este proyecto se investigo que con el radar en dicho aeropuerto y con las condiciones actuales con las que cuenta, como lo es la vieja infraestructura del edificio de la torre de control, sala de equipos, pistas y calles de rodajes deterioradas, sistemas aeronáuticos ya obsoletos (es decir, que estos equipos no han sido actualizados), como lo son las radioayudas: radiofaro omnidireccional de muy alta frecuencia (VOR), equipo medidor de distancia (DME) y Radiofaro no direccional (NDB), seria un poco difícil acondicionar los equipos radar y no se obtendrían la cantidad de beneficios que proporciona este.

Por lo tanto se obtuvo la información que a inicios del año de 1996 se comenzó con el Anteproyecto de modernización de los sistemas de navegación, por parte de las autoridades pertinentes en dicho proyecto como lo son la Dirección General de Transporte Aéreo "DGTA" y la Corporación Centroamericana de Servicios de Navegación Aérea "COCESNA".

Con esta perspectiva da inicio así, el proceso de modernización de los sistemas aeronáuticos para el aeropuerto de ILOPANGO. Como se dijo anteriormente a inicios del año de

1996 se inicia el anteproyecto de la compra de nuevos equipos de radioayudas como lo es el equipo VOR/DME.

Para esto se hizo en primer lugar una licitación privada, para obtener la participación de varias empresas en el campo y tener así la mejor oferta. Luego teniendo las diversas propuestas se crea una comisión evaluadora para escoger la más adecuada, y luego hacer el contrato final. La empresa ganadora fue WILCOX, empresas Americana con sede en el estado de KANSAS en los Estados Unidos. La instalación del equipo se ejecuta en el año de 1997 y con esto se finaliza este proyecto.

Luego se tiene el proyecto llamado sustitución y modernización de los sistemas aeronáuticos del aeropuerto de ILOPANGO. En el año de 1997 se inició con este proyecto, presentado en primer lugar como se hizo anteriormente un proceso de selección entre varias empresas participantes y de aquí escoger la mejor. Se espera que para este año 1,998 en el mes de junio se finalice.

Entre los equipos ha ser instalados están: consolas operativas, equipos AIRE/TIERRA de UHF y VHF, sistema de grabación multicanal, sistema de meteorología el que contará con una estación de campo (sensores climatológicos), indicadores tipo touchscreen, implementación de un sistema horario que consiste en relojes controlados por GPS el cual contiene un sistema de antena doble.

En este sistema horario los datos recibidos del GPS serán la hora, día, mes y año, enlazados con los aeropuertos con los que trabaja el aeropuerto de ILOPANGO, para una mayor coordinación de los servicios de tránsito aéreo.

Entre otros proyectos de mejoramiento del aeropuerto de ILOPANGO están: trabajos de obras civiles para el restablecimiento y mejoramiento de infraestructura del edificio de torre de

control y demás oficinas en este, instalación de nuevos aires acondicionados para la torre de control y sala de equipos, reacondicionamiento y mejoras a la instalación eléctrica, instalación en la torre de control de pistolas de luces, habilitación de las luces de pista, recarpeteo de pista y calles de rodajes, implementación de una oficina de servicio de tránsito aéreo (ATS), en la cual habrá una sala de reuniones, una biblioteca, una sala para capacitación de controladores de torre de control.

Este aeropuerto actualmente es utilizado como alternativo solamente, esto quiere decir, que solo es utilizado en el caso de que un vuelo que se dirija al aeropuerto de EL SALVADOR o a otro destino el cual se tenga que sobrevolar las cercanías de este, pueda solicitar que le den servicio de aproximación para poder aterrizar y esperar que se descongestione el aérea de COMALAPA y poder finalizar su recorrido. Para el caso si se dirige a otro destino poder hacer una escala.

Cabe mencionar también que la Comisión Ejecutiva Portuaria Autónoma (CEPA) desarrolla desde hace un par de años un plan maestro de ampliación del aeropuerto Internacional de EL SALVADOR, habiendo inaugurado la primera etapa en Noviembre de 1996 con la expansión de la aduana, counters, salones VIP y comercios. El 19 de Marzo de 1998 se inaugurará la segunda fase del proyecto, y posteriormente, en una fecha aún no definida, se construirá la tercera parte.

Además se tiene que con esto varias aerolíneas norteamericanas han ido incrementando el número de vuelos, y Delta Airlines comenzará operaciones próximamente. Adicionalmente, se tienen pláticas con Mexicana de Aviación para que vuelva a operar en el país, así como otras aerolíneas internacionales. Con esto se tiene que habrá un inminente crecimiento de vuelos en el Aeropuerto de EL SALVADOR.

Entre otro proyecto nuevo esta la habilitación de una rampa de carga para la zona franca San Bartolo. En esta zona franca se tiene que salen de aquí el 80% de las exportaciones del país. Con este proyecto la zona franca tendrá un acceso directo al aeropuerto y poder realizar sus actividades más cómodamente, debido a que no tendrá que gastar en transporte de materia prima y productos hacia el aeropuerto de EL SALVADOR. Adicionalmente esto lo aprovechará la amplia zona industrial de SOYAPANGO y alrededores. Con esto las empresas gozarán de muchas ventajas.

Con los proyectos descritos anteriormente, nace como una alternativa la modernización, reestructuración y habilitación de nuevos servicios en el Aeropuerto Internacional de ILOPANGO, el cual se habilitará para la aviación general, vuelos courier y vuelos de carga. Teniendo así, otra alternativa para evitar el congestionamiento en el aeropuerto internacional de EL SALVADOR y proporcionar facilidades a los usuarios de los servicios aeroportuarios, especialmente a los de la Capital y alrededores. Así el país contará con otro Aeropuerto capaz de recibir diferentes clases de aeronaves y dar servicios de control de tránsito aéreo.

4.6.1- Consideraciones económicas

El negocio aeroportuario está en pleno despegue. A largo de los últimos veinticinco años la industria de los aeropuertos ha pasado de ser una rama de la administración a convertirse en un negocio dinámico y comercialmente dirigido. Bajo el techo general del aeropuerto se provee una amplia gama de servicios que pueden ser divididos en tres grupos distintos: servicios operacionales esenciales, servicios de control del tráfico, y actividades comerciales.

Estos servicios se encargan principalmente de garantizar la seguridad de los aviones y de los usuarios del aeropuerto. Incluyen el control del tráfico aéreo(ATC) para facilitar la aproximación y el aterrizaje de los aviones, servicios meteorológicos, telecomunicaciones, servicios policiales y

de seguridad, bomberos y ambulancias, incluyendo aquellos para la busca y el rescate, y finalmente el mantenimiento de las pistas y de los edificios.

La dirección y gestión de un aeropuerto no es una misión fácil. Las autoridades aeroportuarias tienen que invertir sumas sustanciales de capital en grandes bienes inmuebles que no tienen usos alternativos, y satisfacen una demanda sobre la que tiene poco control excepto de forma muy indirecta. Son las compañías aéreas y no los aeropuertos las que deciden dónde y cómo se va a satisfacer la demanda de transporte aéreo de pasajeros y las compañías bajo un mismo techo. Adecuar la oferta de capacidad aeroportuaria a la demanda a la vez que se intenta mantener un nivel de rentabilidad aceptable y se logra la satisfacción del usuario es una misión muy difícil.

Con este objeto, el estudio de viabilidad debe intentar simular con máximo de precisión lo que le sucedería al proyecto si fuese implementado, aunque difícilmente pueda determinarse con exactitud el resultado que se logrará en su puesta en marcha. De esta forma, se estimarán los beneficios y costos que probablemente ocasionaría y, por tanto, que pueden evaluarse.

El estudio de la viabilidad de gestión es el que normalmente recibe menos atención, a pesar de que muchos proyectos fracasan por falta de capacidad administrativa para emprenderlo (CEPA, COCESNA y DGTA). La importancia de este aspecto hace que se revise la presentación de un estudio de viabilidad financiera con un doble objetivo: estimar la rentabilidad de la inversión y verificar si existen incongruencias que permitan apreciar la falta de capacidad de gestión.

El estudio de viabilidad financiera determina, en último término, su aprobación o rechazo. Este mide la rentabilidad que retorna a la inversión, todo medido en bases monetarias. La mayor parte requerirá más estudios económicos o técnicos. [7]

De acuerdo a esto se tiene que con los servicios de navegación y Servicios de protección al vuelo los cuales son proporcionados y cobrados por la Corporación Centroamericana de Servicios de Navegación Aérea (COCESNA). Se tiene que por medio de estos ingresos se tendrá un medio de recuperación de la inversión por la compra del radar.

El cobro se hace por medio de una tabla de tarifas en donde se especifican las categorías de los aviones, clasificadas por su peso y milla volada (distancia recorrida entre dos destinos). En el Anexo 7.2 se encuentra esta tabla para el caso del aeropuerto de EL SALVADOR. Entre los servicios de protección al vuelo que presta COCESNA están el tránsito aéreo, comunicaciones y radioayudas. A estos se les debe de sumar los servicios que prestara el radar con los cobros respectivos, teniendo así, un nuevo ingreso para la recuperación de la inversión.

Los nuevos servicios Aeroportuarios que prestará el aeropuerto de ILOPANGO serán: luces de pista, derecho de aterrizaje, estacionamiento, derecho de embarque y bodegaje de carga. Estos servicios aeroportuarios así, como otros adicionales que se cobraran por el servicio que prestara el radar, serán cobrados por la dirección general de transporte aéreo "DGTA" de acuerdo al tipo de aeronave. Por lo tanto se tiene otro medio adicional de donde se recuperara la inversión.

En el anexo 7.3 se describen las tarifas de los servicios aeroportuarios para el aeropuerto de EL SALVADOR. En las tablas 4.2 y 4.3 se puede apreciar las estadísticas de vuelos y pasajeros en el aeropuerto Internacional de EL SALVADOR.

De acuerdo a lo antes expuesto, se tiene proyectado que se hará una buena inversión con la compra del radar, en cuanto a recuperación del capital invertido a corto plazo y ganancias en un futuro cercano, incremento del número de vuelos en el SALVADOR, y lo más importante fortalecer la seguridad aérea en el país para el servicio de la población en general.

Número de vuelos	Temporada alta	temporada baja
Cargueros	10	5
Comerciales	100	60
Courier	10	5

Tabla 4.2- Estadísticas de vuelos diarios en el aeropuerto Internacional de EL SALVADOR

Pasajeros	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Entrando	463,455	482,163	520,711	559,764	601,746	646,877
Saliendo	409,230	426,453	453,483	487,494	524,056	563,360
Tránsito	32,095	21,480	25,510	28,061	30,867	33,954
Total	904,780	930,096	999,704	1,075,319	1,156,669	1,244,191
Carga(Kgs)						
Importación	16,155,915	17,368,915	19,039,86	20,467,859	22,002,948	23,653,169
Exportación	16,510,552	14,350,10	16,410,190	17,640,954	18,964,025	20,386,326
Total	32,666,46	31,719,01	35,450,05	38,108,813	40,966,973	44,039,495

Tabla 4.3- Movimiento de pasajeros y de carga (real y proyectado)

La evaluación económica de las opciones ingenieriles es un factor importante en la aplicación de equipo. Cuando este proyecto este en una fase de adquisición por cualquiera de las entidades gubernamentales o privadas o en conjunto, si se llegara a tomar en cuenta, se tendrán una variedad de empresas fabricantes y distribuidoras de radares interesadas en realizar este tipo de proyecto.

Entonces, se debe de considerar que el costo de capital de cada alternativa debe combinarse con su costo de operación para desarrollar una base de comparación. Es más probable que los costos de capital difieran para las alternativas, que los costos de operación. A menudo, las comparaciones económicas se hacen sin considerar los efectos sobre la operación de

los sistemas interconectados. Esto es aceptable si las alternativas tienen características de operación semejantes.

Las decisiones de inversión a menudo involucran la comparación de los gastos anuales de operación con el costo del capital necesario y los ingresos generados por un nuevo proyecto. El periodo escogido para un estudio debe incluir por lo menos una porción mayor de la vida útil esperada del equipo.

Además se tiene que la depreciación, el cual es un método de contabilidad que asegura la recuperación de la inversión inicial de capital ajustada para un posible valor de rescate. El gasto de depreciación se funda normalmente sobre una base anual, pero la cantidad anual no refleja necesariamente la pérdida real del valor de la inversión. La vida útil se debe basar en el conocimiento de la vida mecánica así como de la vida económica. Los avances técnicos pueden convertir un dispositivo en obsoleto antes de que termine su vida mecánica.

Es bien relativo sacar datos exactos, de los costos de inversión, costos de operación y costos de recuperación de inversión. Acá solo se plantean principalmente los criterios generales sobre las consideraciones económicas necesarias a ser tomadas en cuenta para ser llevados a la práctica, por la empresa encargada de realizar este proyecto y como principal punto presentar los criterios técnicos principales y más importantes para la correcta funcionabilidad del radar.

A continuación se presenta el famoso método del análisis de costo del ciclo de vida o teoría LCC (Life Cycle Cost). Este servirá para hacer la compra del equipo tomando en cuenta todos los aspectos económicos, para así escoger el equipo que nos conviene y además para hacer comparaciones y diseñar estrategias de mantenimiento.

Al momento de la elección de un determinado equipo radar, que es el caso, hay que tener en consideración las siguientes etapas: Adquisición, Costo administrativo, Facilidades, costo de operación, costo de mantenimiento, costo de entrenamiento, costo por demoras en entrega, costo de pérdida de producción y costo de equipo de mantenimiento. El LCC cubre todos estos puntos y los resuelve por medio de la siguiente ecuación:

$$LCC = CI + NA (CO + CM + CS)$$

Donde :

$$CI = \text{Costo de inversión inicial} = CIA + CIB + CIC + CID + CIE + CIF + CIG$$

Donde : CIA =Inversión de equipo de producción

CIB = Inversión edificios y caminos

CIC = Inversión en instalaciones eléctricas

CID = Inversión en Kit de repuestos

CIE = Inversión en herramientas y equipo de mantenimiento

CIF = Inversión en planos y catálogos

CIG = Inversión en entrenamiento

NA = Número de años

$$CO = \text{Costo de operación anual} = COA + COB + COC + COD + COE$$

COA = Costo de personal de operación

COB = Costo de energía

COC = Costo de materiales de operación

COD = Costo de transporte

COE = Costo de entrenamiento a operadores.

$$CM = \text{Costo de mantenimiento anual} = CMA + CMB + CMC + CMD + CME + CMF + CMG$$

CMA = Costo de personal, mantenimiento correctivo

CMB = Costo de material, mantenimiento correctivo.

CMC = Costo de personal, mantenimiento preventivo.

CMD = Costo de material, mantenimiento preventivo.

CME = Costo de acondicionamiento, personal

CMF = Costo de acondicionamiento, material

CMG = Costo continuo de entrenamiento.

CS = Costo anual por pérdidas de producción = NV x PTM x CPP

NV = Número de veces al año de fallas.

PTM = Promedio de tiempo muerto.

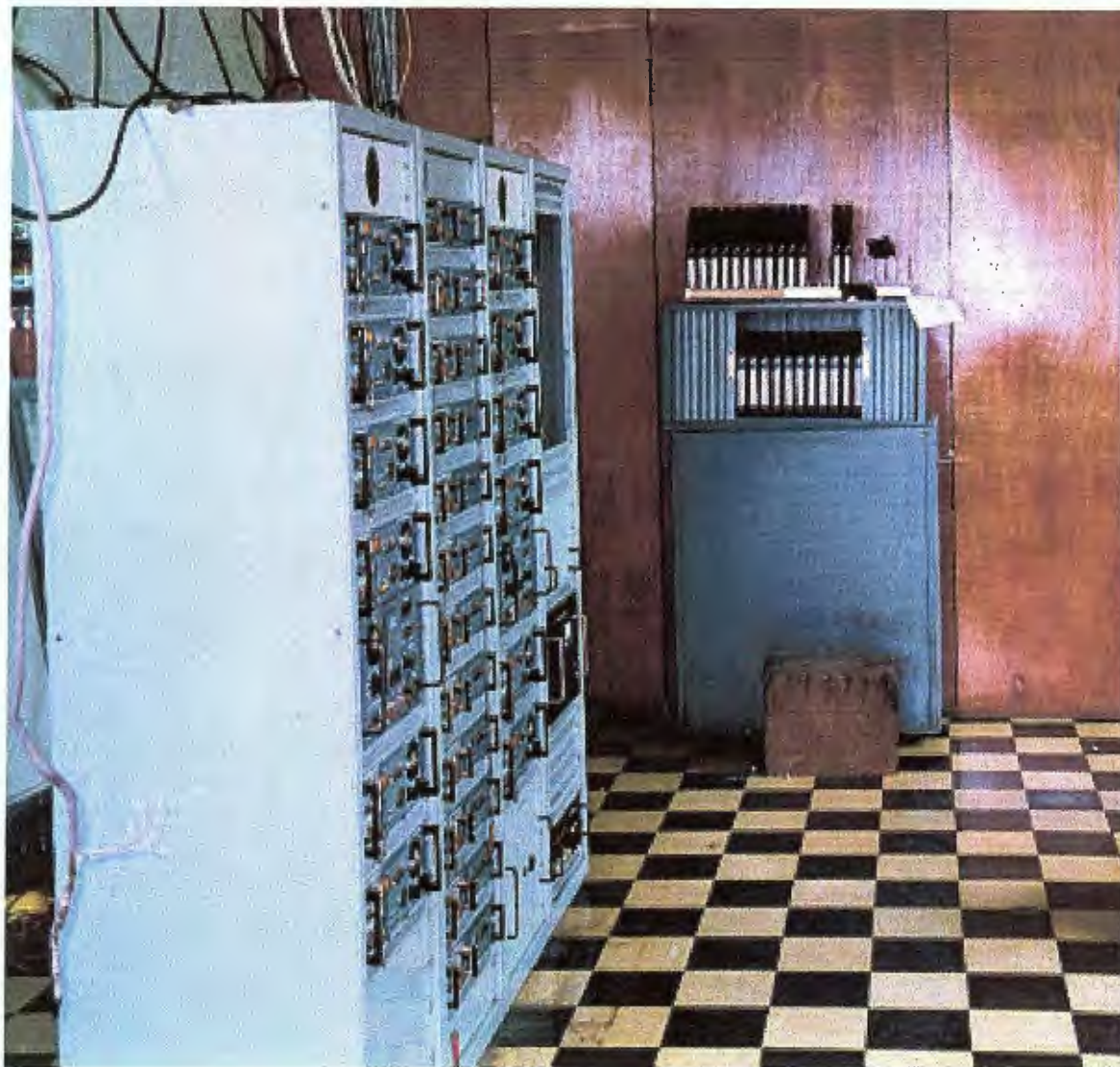
CPP = Costo de pérdida de producción por hora.

Tipos de costos: Directos e indirectos. Entre los costos **directos** tenemos:

- Costos de repuestos
- Costos de trabajos
- Costos de modificaciones
- Costos de administrativos
- Costos de entrenamientos
- Costos de contratos externos

Indirectos: Pérdidas ocurridas por mantenimiento. Los cuales son el fuerte de las pérdidas que se tienen en cualquier caso, por ser impredecibles.

Los montos estimados del precio del radar, anda por 1 millón de dolares(equipo radar e instalación), cabe mencionar que este monto puede variar de acuerdo las necesidades del comprador, y a las diferentes situaciones y consideraciones en cuanto al emplazamiento del radar, requerimientos técnicos adicionales, para el acondicionamiento de los equipos. [1]



**FIGURA 4.12- SALA DE EQUIPOS DE TORRE DE CONTROL DEL
AEROPUERTO INTERNACIONAL DE ILOPANGO**



**FIGURA 4.13- SALA DE CONTROL DE TRANSITO AEREO (ATC)
TORRE DE CONTROL DEL AEROPUERTO DE ILOPANGO**

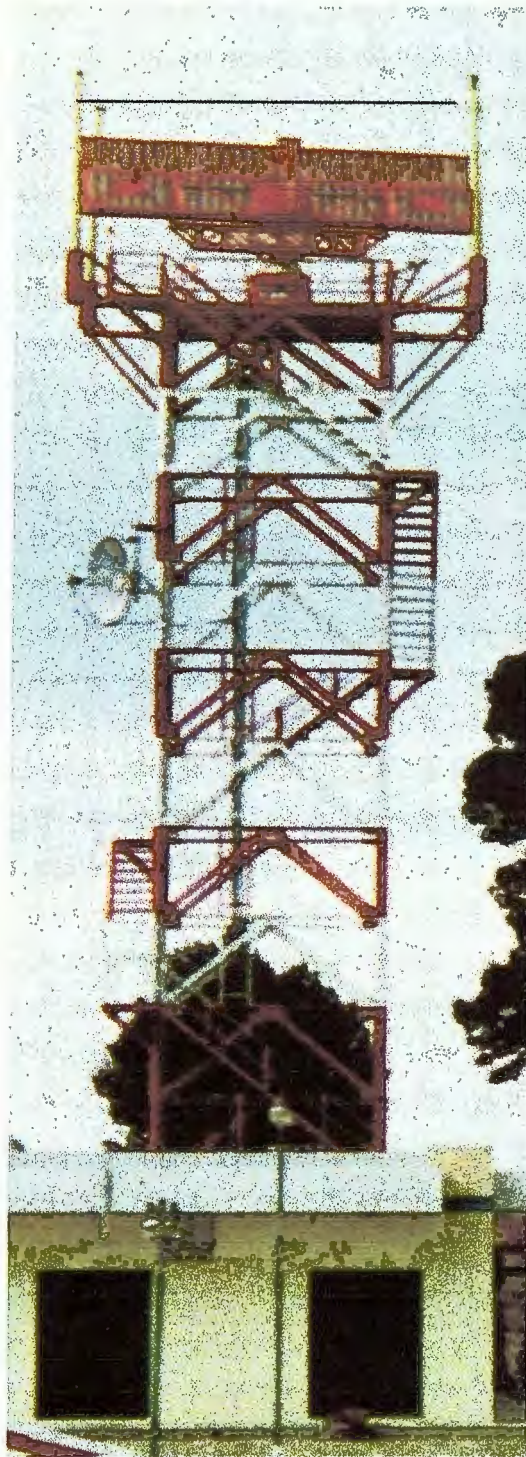


FIGURA 4.14- ANTENA RADAR SSR



FIGURA 4.15- VISTA DE CONSOLA RADAR

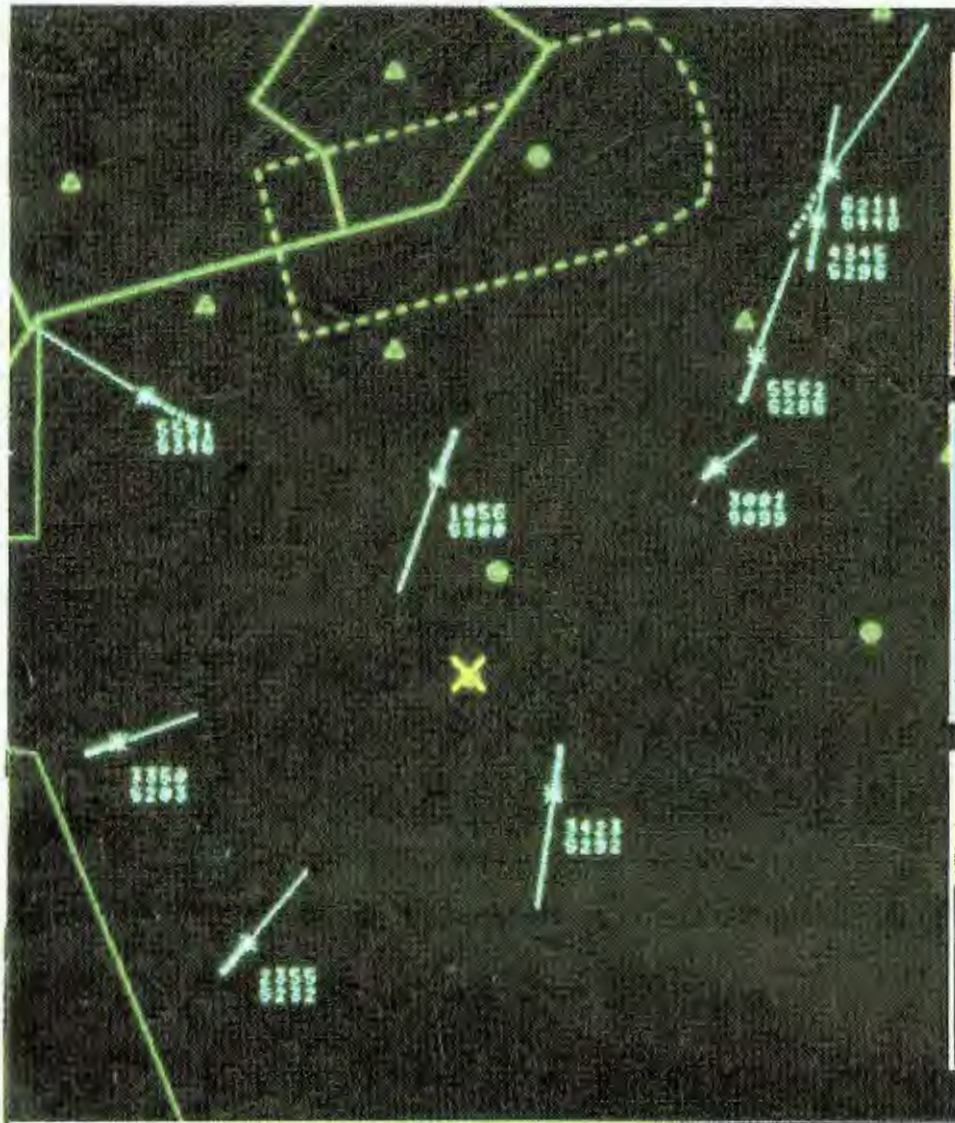


FIGURA 4.16- VISTA DE PANTALLA RADAR

RECOMENDACIONES

1. En este documento se presentaron los principios básicos y esquemas generales de operación, hasta cierto punto de las radioayudas y radar, control de tránsito aéreo, entre otros aspectos generales sobre navegación aérea, quedando un poco corto su estudio en algunos aspectos.
2. De acuerdo a lo anterior se recomienda a las personas que tomen este documento como referencia para futuros trabajos de investigación que se investigue más a fondo sobre el estudio de los equipos de radioayudas existentes para la navegación aérea como lo son el equipo VOR, DME, NDB, ILS, GPS's entre otros.
3. Estudiar enlaces para comunicaciones aeronáuticas como los son el servicio móvil aeronáutico (AMS) y red de comunicaciones en EL SALVADOR y otros países.
4. Profundizar en su teoría de funcionamiento, estructura, aplicaciones, futuras tendencias de aplicación, como han ido evolucionando con las nuevas tecnologías de aeronáutica, nuevos requisitos y leyes operacionales implantadas por la aeronáutica civil de cada país, OACI y otros organismos internacionales en la navegación aérea.
5. Así como también se recomienda estudiar el control de tránsito aéreo de aproximación, el cual es un tema muy interesante y de gran aplicación. Esta área está dedicada para los controladores de tránsito aéreo que desarrollan sus labores en las torres de control y personas en

general que desean conocer como son llevadas a cabo las diferentes operaciones realizadas en los aeropuertos.

6. Estudiar las leyes, reglamentos, normas e instituciones que gobiernan esta área de aviación para conocer la estructura de los mismos y poderlas aplicar para cada caso particular.

CONCLUSIONES

1. Con este trabajo sobre el estudio del sistema radar en la navegación aérea de EL SALVADOR analizando el Radar Secundario de vigilancia (SSR) para el control del tránsito aéreo, se presentaron los principios teóricos y prácticos del sistema radar para el control de tránsito aéreo.
2. Se analizó su funcionamiento como sistema, antecedentes y situación actual, demostrando así la aplicabilidad del servicio que presta el RADAR para la modernización de la navegación aérea y mejoras de la seguridad del transporte aéreo en el territorio Salvadoreño.
3. Se encontraron en el camino varios puntos de vista de diferentes personas, cada uno con su propio criterio de como ven el planteamiento de este tema de investigación como trabajo de graduación de ingeniería, pero todos concuerdan que es un tema poco explotado en el área de la ingeniería de aeronáutica.
4. Plantearon que la mayoría de proyectos de ingeniería solo están enfocados a áreas como las telecomunicaciones, informática, automatización de plantas y servicios (usando PLC's y tecnología digital integrada por ejemplo), electrónica de potencia, mecánica, aplicaciones de estas ingenierías en otras ramas profesionales ajenas a sus campos, como lo puede ser en el campo de la medicina, ecología, agricultura, áreas educativas, optimización de sistemas, etc.

5. De la investigación que se hizo se puede concluir que el campo de la navegación aérea en el país, es un tema poco explotado y conocido por la población estudiantil y civil en general de acuerdo a una pequeña encuesta o sondeo que se hizo cuando se anduvo recopilando información sobre el tema.
6. La mayoría de personas desconocen o tienen escaso conocimiento de los equipos que se utilizan para la navegación aérea en los aeropuertos en general, como lo es el tema de radioayudas y radar, entre otros para el control del tránsito aéreo.
7. Esto no significó encontrar a personas e instituciones especializadas en el campo y de larga trayectoria en la materia, para poder llevar a cabo la realización de este trabajo de graduación.
8. De esto se concluye que este documento muestra una buena proyección social, mostrando los beneficios que se obtendrán y el carácter científico, social y económico que muestra.
9. Los resultados que se pueden obtener son: mostrar que el empleo del radar en el control de tránsito aéreo en el país, se presenta como uno de los más importantes instrumentos utilizados en la navegación aérea para el servicio de las personas en general y para los ingenieros, técnicos en comunicaciones aeronáuticas y controladores de tránsito aéreo para que los movimientos de el tráfico se realicen de manera segura, ordenada y rápida.
10. La representación radar debe estar a satisfacción del controlador radar, pues solamente este tiene las condiciones de asegurar si las informaciones obtenidas presentan las condiciones necesarias para el tipo de servicio a ser proporcionado.

11. El SSR proporciona una mejor vigilancia de las aeronaves que el radar primario. Los Modos A/C proporcionan además de la notificación de la posición, funciones rudimentarias de enlace de datos para notificar la identidad de la aeronave y la altitud de presión. El Modo S proporciona funciones de enlace de datos más completas.
12. En la presentación en la pantalla radar le proporciona al controlador la información antes descrita, inclusive de aeronaves que estén dentro del alcance óptico del equipo.
13. El SSR proporciona vigilancia con base en tierra a las aeronaves equipadas de transpondedor y posibilita la comunicación de enlace de datos entre estaciones de tierra y la aeronave cuando están dotadas de equipo apropiado en Modo S.
14. Además se presentaron las ventajas e implicaciones que involucra el empleo del radar y como principal punto dar a conocer a las diferentes clases de personas no solo interesadas en el campo de la navegación aérea del país, sino en general, los antecedentes y situación actual de los diferentes tipos de radioayudas que se tienen en el país.
15. Los objetivos se cumplieron en su totalidad, de acuerdo a lo antes expuesto, los cuales fueron la descripción de operación básica del radar, requerimientos técnicos y operativos con el empleo del mismo y la propuesta de instalación, tomando como base las normas establecidas por la OACI para el radar.

BIBLIOGRAFIA

1. AVIACIÓN APLICADA CON VUELO POR INSTRUMENTOS. ALFREDO NIEDERHEITMANN Coronel de aviación y piloto de transporte. GUALTEMALA 1978
2. BASIC OF MODERN RADAR TECHNIQUES. SELENIA S. p. A. CIVIL RADAR AND SYSTEM DIVISION CUSTOMER TRAINING. ITALIA -1978.
3. ESTUDIO MONOGRAFICO SOBRE COBERTURA RADAR ANÁLISIS DE PARÁMETROS Dr. Ing. MANUEL GUERRERO DURAN. MADRID 1986.
4. ENMIENDA 71 DE LAS NORMAS Y MÉTODOS RECOMENDADOS INTERNACIONALES VOLUMEN IV (SISTEMA RADAR DE VIGILANCIA Y SISTEMA ANTICOLISION). ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL(OACI).1995.
5. EL RADAR MODERNO, FILOSOFÍA DEL SISTEMA. RAFAEL RODRIGO BLANCO, 1985.
6. INTRODUCCIÓN AL RADAR SECUNDARIO. Dr. Ing. MANUEL GUERRERO DURAN. MADRID 1989.
7. LA EMPRESA AEROPORTUARIA. RIGAS DOGANIS. Editorial Paraninfo 1992.
8. MANUAL DE AVIONICA. BRIAN KENDAL. MADRID 1982.
9. MANUAL SOBRE SISTEMAS DEL RADAR SECUNDARIO DE VIGILANCIA(SSR) (Doc 9684). Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). 1997.
10. MICROELECTRONICA EN SISTEMAS DE AERONAVES. E.H.J. PALLETT. MADRID 1988.
11. Publicación de información de vuelo (terminal) de América del Sur y el Caribe. Departamento de Defensa (USA) , Departamento de Comercio y Administración de Aviación Federal. 1995.
12. RADAR Y AYUDAS A LA NAVEGACIÓN AÉREA. JULIO GONZALES BERNALDO DE QUIROZ. MADRID 1982.

13. Suplemento del Caribe y América del Sur. Publicación de Información de Vuelo DOD (ENROUTE), 1997.
14. Telecomunicaciones aeronáuticas ANEXO 10. ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL(OACI).1995.
15. TECNOLOGÍA DEL VUELO-RADIOAYUDAS PARA LA NAVEGACIÓN AÉREA. S.E.T. TAYLOR y H.A. PARMAR, 1982, MADRID.

REFERENCIAS

- A. BOLETÍN INFORMATIVO DEL MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS AEROPUERTO INTERNACIONAL DE ILOPANGO. MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS. 1965.
- B. CIRCULAR DE ASESORAMIENTO RADAR SECUNDARIO DE VIGILANCIA MODO S. CIRCULAR DE LA ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL (OACI). 1983.
- C. CURSO 004 OPERACIÓN RADAR EN ÁREA TERMINAL. ESCUELA CENTROAMERICANA DE ADIESTRAMIENTO AERONÁUTICO. 1993.
- D. CURSO 001 TEORÍA BÁSICA DE DME. ESCUELA CENTROAMERICANA DE ADIESTRAMIENTO AERONÁUTICO. 1995.
- E. CURSO TEORÍA BÁSICA DE NDB Y AMS. ESCUELA CENTROAMERICANA DE ADIESTRAMIENTO AERONÁUTICO. 1995.
- F. Carta informativa de la Corporación Centroamericana de Servicios de Navegación Aérea. Organismo de Información pública. Secretaria Interna. Noviembre de 1996.
- G. Cooperación y Desarrollo para la Seguridad de la Navegación Aérea en Centroamérica. REVISTA COCESNA. Guatemala 1988.
- H. Organización y Administración de Mantenimiento Industrial. Seminario de Mantenimiento Industrial. 1995.
- I. Tarifas del Aeropuerto Internacional de EL SALVADOR y su reglamentación. Acuerdo Ejecutivo N° 343. Diario Oficial N° 127, Tomo 320 (AIS EL SALVADOR). 07 de Julio de 1993.
- J. Tarifas del Aeropuerto Internacional de ILOPANGO y su reglamentación. Servicio de Información Aeronáutica (AIS ILOPANGO). Decreto 88 Año 1982.
- K. Organización y Administración de Mantenimiento Industrial. Seminario de Mantenimiento Industrial. 1995.

L. Manual SIR-M Interrogador/Receptor Secundario Monopulso. Radar and SYSTEM DIVISION. Junio 1993.

M. Manual Consola Radar CDS/90M. Radar and SYSTEM DIVISION. Junio 1993.

ANEXOS

ANEXO 1- HISTORIA DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE ILOPANGO

El Aeropuerto Internacional de ILOPANGO, construido durante la segunda guerra mundial con doble propósito, CIVIL y MILITAR, originalmente tuvo pistas cubiertas de césped y posteriormente cuando las actividades aumentaron, fue necesario mejorarlo construyendo un edificio terminal, pavimentación de pistas, calles de rodaje y plataformas de estacionamiento. Estas construcciones se iniciaron en el año de 1945 y se terminaron en 1948 bajo la estructuración siguiente:

1.1- Edificio terminal:

El edificio terminado en 1948 consistió en una construcción de hormigón y mampostería, un hermoso edificio estilo arquitectónico español. Las instalaciones del edificio terminal mediante su reacondicionamiento permite actualmente acomodar fácilmente CATORCE oficinas de empresas Aéreas, confort y operación fácil para los pasajeros en tránsito así como para los que salen y entran a San Salvador.

Acondicionamiento en forma ordenada de las Oficinas Gubernamentales para facilidad de los pasajeros. Distribución adecuada de oficinas Bancarias, Restaurantes y Concesionarios para expendios de souvenir y otros artículos de fantasía. Contaba con un sistema de altoparlantes convenientemente distribuidos en el edificio para el servicio de las compañías aéreas.

También contó con su zona de parqueo debidamente iluminado y amplio para acomodar una cantidad suficiente de vehículos. Ordenamiento sobre la corriente general de los pasajeros y del equipaje en lo que se relaciona a Embarque, Desembarque y pasajeros en tránsito.

1.2- Pistas de aterrizaje

Franja de aterrizaje (Pista) de 2.330 metros de longitud,

Pista de hormigón asfáltico de 2.240 metros de longitud.

Ancho de la pista asfaltada 45 metros

Ancho de toda la pista 150 metros.

Diseñada para aviones críticos como es el Boing 707-320, es decir, para soportar una carga total de 113.000 Kg. y una carga equivalente de rueda aislada de 27.000Kg., y capaz de permitir la operación actual de aviones de retropropulsión con un peso máximo de 104.000 Kg. dentro de un radio de acción de 3.700 Km (2.000MN). Cuenta con 3 calles de rodaje para el acceso de los aviones a la explanada de estacionamiento existente.

El Aeropuerto Internacional de ILOPANGO estuvo en condiciones de permitir la operación de aviones de transporte propulsados por turbina, con toda su capacidad de carga pesada, para verificar vuelos de largo alcance sin escalas, desde San Salvador, a Nueva York o Los Ángeles.

1.3- Pistas y calles de rodaje

a) - Las facilidades para aterrizaje y despegue consistían en una pista principal que corre de este a oeste cubierta de asfalto de 1600 metros de longitud y 45 metros de ancho.

b) - Una pista secundaria de 920 metros de longitud y 45 metros de ancho cruza la pista principal en un ángulo de 60 grados.

c) - Las dos pistas están comunicadas con el área terminal por tres calles de rodaje de 11 metros de ancho.

1.4- Las características principales de esta obra fueron:

Largo de pista asfaltada 2,240 metros y 45 metros de ancho. 615 metros de altura sobre el nivel del mar.

Sus instalaciones comprenden todos los sistemas inherentes para la prestación del más eficiente servicio, a saber:

- Faros de peligro, luces de obstrucción, luces de señales de mediana y alta intensidad para las pistas de rodaje,
- Radiofaro omnidireccional de largo alcance (VOR),
- Plantas automáticas de emergencia para energía eléctrica,
- Indicador visual de la trayectoria de planeo, sistema de indicador del final de la pista,
- Servicio contra incendios, eficiente servicio meteorológico,
- Servicio de comunicaciones aeronáuticas,
- Servicio de combustible para aviones a chorro y de hélice.
- Espacio para talleres de mantenimiento para aviones a chorro.

1.5- Iluminación de pistas

La iluminación para el aeropuerto cumplió con los requerimientos y recomendaciones de la más moderna técnica en la construcción de aeropuertos y esta dotada de todos los equipos necesarios para un funcionamiento adecuado. La iluminación fue de una alta intensidad variable y la aproximación es la visual de la trayectoria de planeo.

1.6- Seguridad sobre navegación aérea

El sistema eléctrico de las pistas dio una iluminación variable de alta intensidad, para permitir el uso completo de la misma y de las calles de rodaje en condiciones visuales de vuelo. En las operaciones nocturnas posiblemente tuvieron que encontrar algunas noches en las cuales

una calina de baja altura ha de cubrir el campo y la iluminación de alta intensidad ha de ser de gran uso. Esta iluminación fue combinada con indicadores visuales de la trayectoria de planeo y apoyado por un servicio de radiofaro omnidireccional VHF (VOR).

1.6.1- Comunicaciones

La dirección General de aviación Civil, con la ayuda de la OACI, planearon y organizaron una mejor oficina de información de vuelo en ruta. Esta oficina opero un circuito de radiotelefonía y radiotelegrafía. También posee un circuito de radiotelefonía de reserva y transmisor de fuera de ruta.

1.6.2- Medidas de seguridad

El Aeropuerto cuenta con un equipo adecuado de socorro y de lucha contra incendios, así: Una unidad para lucha contra incendios en casos de aterrizajes violentos con capacidad para 1.150 galones de elemento químico.

Dos camiones livianos con equipo para 100 galones de agua y unas 350 libras de producto químico seco.

Equipo completo de salvamento compuesto de generador eléctrico, sierras eléctricas para metal, proyectores de 500 vatios con cordones de extensión, ropa para protección contra fuego y productos químicos, equipo de radio, aire y tierra, todas comunicadas con la torre de control, estación de socorro y todos los vehículos de emergencia.

ANEXO 2

NORMAS Y METODOS RECOMENDADOS

INTERNACIONALES DE LA OACI PARA EL RADAR

SECUNDARIO DE VIGILANCIA(SSR)

CAPÍTULO 2. GENERALIDADES

2.1 RADAR SECUNDARIO DE VIGILANCIA (SSR)

2.1.1 Cuando se instale y mantenga en funcionamiento un SSR como ayuda para los servicios de tránsito aéreo, se ajustará a lo previsto en 3.1, a no ser que se indique otra cosa en esta Sección 2.1.

Nota. - Como se indica en este Anexo, los transpondedores en Modos A/C son aquellos que poseen las características prescritas en 3.1.1. Los transpondedores en Modo S son aquellos que poseen las características prescritas en 3.1.2. Las funciones que pueden ejercer los transpondedores en Modos A/C están integradas en los transpondedores en Modo S.

2.1.2 Modos de interrogación (tierra-a-aire)

2.1.2.1 La interrogación para los servicios de tránsito aéreo se efectuará utilizando los modos descritos en 3.1.1.4.3 ó 3.1.2. Las aplicaciones de cada modo serán las siguientes:

- 1) *Modo A* — para obtener respuestas de transpondedor para fines de identificación y vigilancia.
- 2) *Modo C* — para obtener respuestas de transpondedor para transmisión automática de presión de altitud y para fines de vigilancia.
- 3) *Intermodo* —
 - a) *Llamada general en Modos A/C/S*: para obtener respuestas para vigilancia de transpondedores en Modos A/C y para la adquisición de transpondedores en Modo S.
 - b) *Llamada general en Modos A/C solamente*: para obtener respuestas para vigilancia de transpondedores en Modos A/C. Los transpondedores en Modo S no responden a esta llamada.
- 4) *Modo S* —
 - a) *Llamada general en Modo S solamente*: para obtener respuestas para fines de adquisición de transpondedores en Modo S.
 - b) *Radiodifusión*: para transmitir información a todos los transpondedores en Modo S. No se obtienen respuestas.
 - c) *Llamada selectiva*: para vigilancia de determinados transpondedores en Modo S y para comunicación con ellos. Para cada interrogación, se obtiene una respuesta solamente del transpondedor al que se ha dirigido una interrogación exclusiva.

Nota 1.— Mediante las interrogaciones en Modo S se suprime la función de los transpondedores en Modos A/C y estos no responden.

Nota 2.— Existen 25 formatos posibles de interrogación (ascendentes) y 25 formatos posibles de respuesta (descendente) en Modo S. Véanse las asignaciones de formato en 3.1.2.3.2, Figuras 3-7 y 3-8.

2.1.2.1.1 **Recomendación.**— Las administraciones deberían coordinar con las autoridades nacionales e internacionales pertinentes aquellos aspectos de aplicación del sistema SSR que permitan su uso óptimo.

Nota. — A fin de permitir el funcionamiento eficiente del equipo terrestre ideado para eliminar la interferencia proveniente de las respuestas no deseadas del transpondedor de la aeronave a los interrogadores adyacentes (equipo eliminador de señales no deseadas), los Estados quizá necesiten elaborar planes coordinados para la asignación de las frecuencias de repetición de impulsos (PRF) a los interrogadores SSR.

2.1.2.1.2 La asignación de códigos para el identificador de interrogador (II), cuando sean necesarios en zonas de cobertura superpuesta, a través de fronteras internacionales de regiones de información de vuelo, será objeto de acuerdos regionales de navegación aérea.

2.1.2.2 Se proveerán interrogaciones en Modo A y en Modo C.

Nota.— *Este requisito puede satisfacerse mediante interrogaciones en intermodo que obtienen respuestas en Modo A y Modo C de transpondedores en Modos A/C.*

2.1.2.3 **Recomendación.**— *En las áreas en las que una mejor identificación de las aeronaves sea necesaria para perfeccionar la efectividad del sistema ATC, las instalaciones terrestres SSR que posean las características del Modo S deberían contar con la capacidad de identificación de aeronaves.*

Nota.— *La notificación correspondiente a la identificación de aeronaves mediante enlaces de datos en Modo S constituye un medio para la identificación sin ambigüedad de aeronaves con equipo adecuado.*

2.1.2.4 INTERROGACIÓN DE MANDO DE SUPRESIÓN DE LÓBULOS LATERALES

2.1.2.4.1 Deberá proporcionarse supresión de lóbulos laterales de conformidad con las disposiciones 3.1.1.4 y 3.1.1.5, de todas las interrogaciones en Modo A, Modo C, e intermodo.

2.1.2.4.2 Se suprimirán los lóbulos laterales, de conformidad con las disposiciones 3.1.2.1.5.2.1, de todas las interrogaciones de llamada general en Modo S solamente.

2.1.3 Modos de respuesta del transpondedor (aire-a-tierra)

2.1.3.1 Los transpondedores responderán a las interrogaciones en el Modo A de conformidad con las disposiciones de 3.1.1.7.12.1 y las interrogaciones en Modo C de conformidad con las disposiciones de 3.1.1.7.12.2.

Nota.— *Si no se cuenta con información sobre altitud de presión los transpondedores responden a las interrogaciones en Modo C solamente con impulsos de trama.*

2.1.3.2 Cuando se haya determinado la necesidad de idoneidad para la transmisión automática de altitud de presión en el Modo C, dentro de un espacio aéreo especificado, los transpondedores, cuando se les utilice dentro del espacio aéreo en cuestión, responderán igualmente a las interrogaciones en el Modo C con la codificación de la altitud de presión en los impulsos de información.

2.1.3.2.1 A partir del 1 de enero de 1999, todos los transpondedores, independientemente del espacio aéreo en que se utilicen, responderán a las interrogaciones en Modo C con información sobre altitud de presión.

2.1.3.2.2 **Recomendación.**— *Todos los transpondedores, cualquiera que sea la parte del espacio aéreo en la que hayan de utilizarse, deberían responder a las interrogaciones en Modo C con la información sobre la altitud de presión.*

Nota.— *El funcionamiento efectivo del sistema anticollisión de a bordo (ACAS) depende de que la aeronave intrusa notifique en sus respuestas en Modo C la altitud de presión.*

2.1.3.2.3 **Recomendación.**— *La información sobre altitud de presión que proporcionan los transpondedores en Modo S en respuesta a interrogaciones selectivas (es decir en el campo AC) debería notificarse a base del mejor incremento cuantitativo de altitud de que dispone la aeronave, de conformidad con las disposiciones de 3.1.2.6.5.4.*

2.1.3.2.4 Todos los transpondedores en Modo A/C instalados a partir del 1 de enero de 1992 notificarán la altitud de presión codificada en los impulsos de información de las respuestas en Modo C.

2.1.3.2.5 Todos los transpondedores en Modo S instalados a partir del 1 de enero de 1992 notificarán la altitud de presión codificada en los impulsos de información de las respuestas en Modo C y en el campo AC de las respuestas en Modo S.

2.1.3.3 Los transpondedores que se utilicen en parte del espacio aéreo en la que se ha establecido que es necesario contar a bordo con equipo en Modo S, responderán también a las interrogaciones en intermodo y en Modo S de conformidad con las disposiciones aplicables de 3.1.2.

2.1.3.3.1 El requisito de contar con transpondedor SSR en Modo S a bordo se determinará mediante acuerdo regional de navegación aérea, en el que se precisarán también la parte del espacio aéreo en que se aplicarán y el calendario de implantación.

2.1.3.3.2 En los acuerdos mencionados en 2.1.3.3.1 se concederá un plazo de por lo menos siete años.

2.1.4 Códigos de respuesta en Modo A (impulsos de información)

2.1.4.1 Todos los transpondedores tendrán la capacidad de generar 4 096 códigos de respuesta, de conformidad con las características indicadas en 3.1.1.6.2.

2.1.4.1.1 **Recomendación.**— *Las autoridades ATS deberían establecer los procedimientos para la adjudicación de códigos SSR de conformidad con acuerdos regionales de navegación aérea y teniendo en cuenta los demás usuarios del sistema.*

Nota.— *En el Doc 4444, Parte VI, se mencionan los principios que rigen la asignación de códigos SSR.*

2.1.4.2 Se reservarán para usos especiales los códigos en Modo A siguientes:

2.1.4.2.1 El código 7700 para poder reconocer a una aeronave en estado de emergencia.

2.1.4.2.2 El código 7600 para poder reconocer a una aeronave con falla de radiocomunicaciones.

2.1.4.2.3 El código 7500 para poder reconocer a una aeronave que sea objeto de interferencia ilícita.

2.1.4.3 Se dispondrá lo necesario para que el equipo decodificador de tierra pueda reconocer inmediatamente los códigos 7500, 7600 y 7700 en Modo A.

2.1.4.4 **Recomendación.**— *Debería reservarse el código 0000 en Modo A para ser asignado, mediante acuerdos regionales, para usos generales.*

2.1.4.5 Se reservará el código 2000 en Modo A para poder reconocer a una aeronave que no haya recibido de las dependencias de control de tránsito aéreo instrucciones de accionar el transpondedor.

2.1.5 Capacidad del equipo en Modo S de a bordo

2.1.5.1 Las funciones de los transpondedores en Modo S corresponderán a uno de los cinco niveles siguientes:

2.1.5.1.1 Nivel 1 — Los transpondedores de nivel 1 tendrán la capacidad de ejercer las funciones descritas para:

- a) identidad en Modo A y notificación de la altitud de presión en Modo C (3.1.1);
- b) transacciones de llamada general en intermodo y en Modo S (3.1.2.5);
- c) transacciones para vigilancia dirigida de altitud e identidad (3.1.2.6.1, 3.1.2.6.3, 3.1.2.6.5 y 3.1.2.6.7);
- d) protocolos de bloqueo (3.1.2.6.9);
- e) protocolos de datos básicos excepto la notificación sobre capacidad de enlace de datos (3.1.2.6.10); y
- f) transacciones para los servicios aire-aire (3.1.2.8).

Nota — El nivel 1 permite la vigilancia SSR en función de la notificación de altitud de presión y del código de identidad en Modo A. En un ambiente SSR en Modo S, la performance técnica es mejor que la de los transpondedores en Modos A/C debido a que en el Modo S es posible la interrogación selectiva de las aeronaves.

2.1.5.1.2 Nivel 2 — Los transpondedores de nivel 2 tendrán la capacidad de ejercer las funciones descritas en 2.1.5.1.1 y también las prescritas para:

- a) comunicaciones de longitud normal (Com-A y Com-B) (3.1.2.6.2, 3.1.2.6.4, 3.1.2.6.6, 3.1.2.6.8 y 3.1.2.6.11);
- b) notificación sobre capacidad de enlace de datos (3.1.2.6.10.2.2); y
- c) notificación de identificación de la aeronave (3.1.2.9).

Nota.— El nivel 2 permite la notificación de identificación de la aeronave y otras comunicaciones de enlace de datos de longitud normal tanto de tierra a aire como de aire a tierra. La capacidad de notificación de identificación de aeronave requiere una interfaz y un dispositivo apropiado de entrada de datos.

2.1.5.1.3 Nivel 3 — Los transpondedores de nivel 3 tendrán la capacidad de ejercer las funciones descritas en 2.1.5.1.2 y también las prescritas para comunicaciones tierra a aire de mensajes de longitud ampliada (ELM) (3.1.2.7.1 a 3.1.2.7.5).

Nota.— El nivel 3 permite las comunicaciones de tierra a aire de enlace de datos de longitud ampliada y de este modo la extracción de información de los bancos de datos con base terrestre, así como la recepción de datos de otros servicios de tránsito aéreo que no pueden obtenerse mediante los transpondedores de nivel 2.

2.1.5.1.4 Nivel 4 — Los transpondedores de nivel 4 tendrán la capacidad de ejercer las funciones descritas en 2.1.5.1.3 y también las prescritas para las comunicaciones aire a tierra de mensajes de longitud ampliada (ELM) (3.1.2.7.7 y 3.1.2.7.8).

Nota.— El nivel 4 permite las comunicaciones de aire a tierra de enlace de datos de longitud ampliada y por ello puede proporcionar acceso desde tierra a las fuentes de datos de a bordo y la transmisión de otros datos que requieran los servicios de tránsito aéreo y que no pueden obtenerse mediante los transpondedores de nivel 2.

2.1.5.1.5 Nivel 5 — Los transpondedores de nivel 5 tendrán la capacidad de ejercer las funciones descritas en 2.1.5.1.4 y también las prescritas para las comunicaciones mejoradas tanto de mensajes Com-B como de mensajes de longitud ampliada (ELM) (véase 3.1.2.6.11.3.4, 3.1.2.7.6 y 3.1.2.7.9).

Nota.— El nivel 5 permite las comunicaciones de enlace de datos Com-B y de longitud ampliada con interrogadores múltiples, sin que ello exija la utilización de reservas multisitio. Este nivel de transpondedor ofrece una capacidad mínima de enlace de datos que es superior a la de los otros niveles de transpondedor.

2.1.5.2 Los transpondedores en Modo S que hayan de utilizarse en el tránsito aéreo civil internacional cumplirán por lo menos con los requisitos de nivel 2 prescritos en 2.1.5.1.2.

Nota 1.— Puede admitirse el uso del nivel 1 en determinados Estados o en virtud de un acuerdo regional de navegación aérea. El transpondedor en Modo S de nivel 1 comprende el conjunto mínimo de características que aseguren el funcionamiento compatible de los transpondedores en Modo S con los interrogadores SSR en Modo S. Se ha definido este nivel para evitar la proliferación de tipos de transpondedores por debajo del nivel 2, que sean incompatibles con los interrogadores SSR en Modo S.

Nota 2.— El objetivo de requerir la capacidad de nivel 2 es para garantizar el uso extendido de transpondedores con capacidad conforme a las normas de la OACI, de forma que puedan planificarse a nivel mundial las instalaciones y servicios terrestres en Modo S. Otro objetivo de este requisito es desalentar a que inicialmente se instalen transpondedores de nivel 1 que serían obsoletos si más tarde se exigiera en algunas partes del espacio aéreo el transporte de transpondedores con la capacidad de nivel 2.

2.1.5.3 Los transpondedores en Modo S que se instalen en las aeronaves que tengan una masa bruta superior a 5 700 kg o una velocidad aerodinámica máxima de crucero superior a 324 kn/h (175 kt), funcionarán con diversidad de antenas, según se prescribe en 3.1.2.10.4, si:

- a) el certificado de aeronavegabilidad de la aeronave se expide por primera vez a partir del 1 de enero de 1990; o

CAPÍTULO 3. SISTEMAS DE RADAR DE VIGILANCIA

3.1 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE RADAR SECUNDARIO DE VIGILANCIA (SSR)

Nota.-- En la Sección 3.1.1 se prescriben las características técnicas de los sistemas SSR que sólo tienen la capacidad de Modo A y Modo C. En la Sección 3.1.2 se prescriben las características de los sistemas con capacidad de Modo S.

3.1.1 Sistemas con capacidad de Modo A y Modo C solamente

Nota 1.-- En esta sección los modos SSR se designan por las letras A y C. Para asignar los impulsos individuales utilizados en los trenes de impulsos aire-tierra, se utilizan letras con subíndice, por ejemplo, A₂, C₄. Este uso común de letras no debe interpretarse como indicación de una determinada asociación entre modos y códigos.

Nota 2.-- En el Anexo 11, Capítulo 6, figuran las disposiciones referentes al registro y conservación de datos radar.

3.1.1.1 RADIOFRECUENCIAS (TIERRA-A-AIRE) DE INTERROGACIÓN Y CONTROL (SUPRESIÓN DE LOS LÓBULOS LATERALES DE LA INTERROGACIÓN)

3.1.1.1.1 La frecuencia portadora de las transmisiones de interrogación y de control será de 1 030 MHz.

3.1.1.1.2 La tolerancia de frecuencia será de $\pm 0,2$ MHz.

3.1.1.1.3 Las frecuencias portadoras de la transmisión de control y de cada una de las transmisiones de impulsos de interrogación no diferirán entre sí más de 0,2 MHz.

3.1.1.2 FRECUENCIA PORTADORA DE RESPUESTA (AIRE-A-TIERRA)

3.1.1.2.1 La frecuencia portadora de la transmisión de respuesta será de 1 090 MHz.

3.1.1.2.2 La tolerancia de frecuencia será de ± 3 MHz.

3.1.1.3 POLARIZACIÓN

3.1.1.3.1 La polarización de las transmisiones de interrogación, control y respuesta será predominantemente vertical.

3.1.1.4 MODOS DE INTERROGACIÓN (SEÑALES EN EL ESPACIO)

3.1.1.4.1 La interrogación consistirá en la transmisión de dos impulsos llamados P_1 y P_2 . Se transmitirá un impulso de control P_3 inmediatamente después del primer impulso de interrogación P_1 .

3.1.1.4.2 Los modos A y C de interrogación serán definidos en 3.1.1.4.3.

3.1.1.4.3 El intervalo entre P_1 y P_2 determinará el modo de interrogación y será el siguiente:

Modo A	$8 \pm 0,2 \mu\text{s}$
Modo C	$21 \pm 0,2 \mu\text{s}$

- b) en virtud de un acuerdo regional de navegación aérea, de conformidad con 2.1.3.3.1 y 2.1.3.3.2, se exige contar a bordo con transpondedores en Modo S.

2.1.5.4 NOTIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD EN LAS SEÑALES ERRÁTICAS EN MODO S

2.1.5.4.1 Se proporcionará la notificación de capacidad en las señales erráticas de adquisición en Modo S (transmisiones de enlace descendente no solicitadas), de conformidad con lo dispuesto en 3.1.2.8.4.1 para todos los transpondedores en Modo S instalados el 1 de enero de 1995 o después de dicha fecha.

2.1.6 Dirección SSR en Modo S (dirección de aeronave)

2.1.6.1 La dirección SSR en Modo S será una de las 16 777 214 direcciones de aeronave de 24 bits atribuidas por la OACI al Estado de matrícula o a la autoridad de registro de marca común y asignadas según lo prescrito en 3.1.2.4.1.2.3.1.1 y en el Apéndice del Capítulo 9, Parte I, Volumen III, Anexo 10.

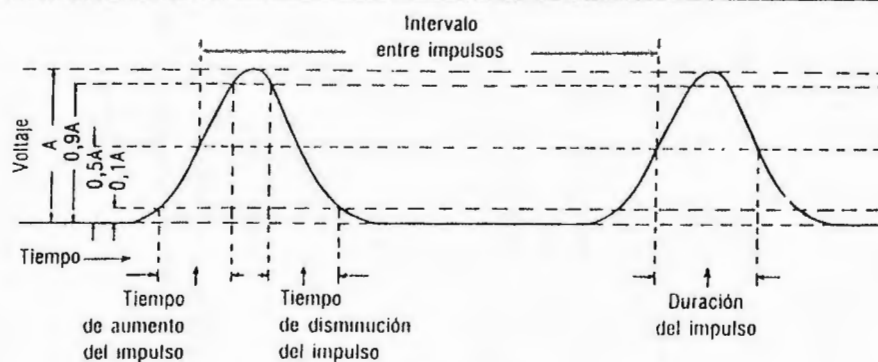
Anexo 10 — Telecomunicaciones aeronáuticas

3.1.1.4.4 El intervalo entre P_1 y P_2 será de $2,0 \pm 0,15 \mu\text{s}$.

3.1.1.4.5 La duración de los impulsos P_1 , P_2 y P_3 , será de $0,8 \pm 0,1 \mu\text{s}$.

3.1.1.4.6 El tiempo de aumento de los impulsos P_1 , P_2 y P_3 estará comprendido entre $0,05$ y $0,1 \mu\text{s}$.

Nota 1.— Las definiciones están en la Figura 3-1 "Definiciones de las formas de ondas, intervalos y puntos de referencia para sensibilidad y potencia del radar secundario de vigilancia".



DEFINICIONES

Amplitud del pulso A. La amplitud máxima de voltaje de la envolvente del pulso.

Duración de la inversión de fase. El intervalo de tiempo entre los puntos situados a 10° y a 170° de una inversión de fase.

Duración del pulso. El intervalo de tiempo entre los puntos $0,5A$ de los bordes anterior y posterior de la envolvente del pulso.

Intervalo entre impulsos. El intervalo de tiempo entre los puntos $0,5A$ de los bordes anteriores del primer pulso y del segundo.

Intervalos de tiempo. Los puntos de referencia para medir los intervalos de tiempo son:

- el punto $0,5A$ en el borde anterior del pulso
- el punto $0,5A$ en el borde posterior del pulso, o
- el punto a 90° de una inversión de fase.

Inversión de fase. Un cambio de fase de 180° de la portadora de radiofrecuencias.

Punto de referencia para sensibilidad y potencia del respondedor. El extremo en el lado de la antena de la línea de transmisión del respondedor.

Tiempo de aumento del pulso. El tiempo medio entre $0,1A$ y $0,9A$ en el borde anterior de la envolvente del pulso.

Tiempo de disminución del pulso. El tiempo medio entre $0,9A$ y $0,1A$ en el borde posterior de la envolvente del pulso.

Nota.— Como aproximación del punto de 90° de la inversión de fase puede tomarse el punto de amplitud mínima de la parte transitoria de amplitud de la envolvente asociada con la inversión de fase y como aproximación para la duración de inversión de fase puede tomarse el intervalo de tiempo entre los puntos $0,8A$ de esta parte transitoria.

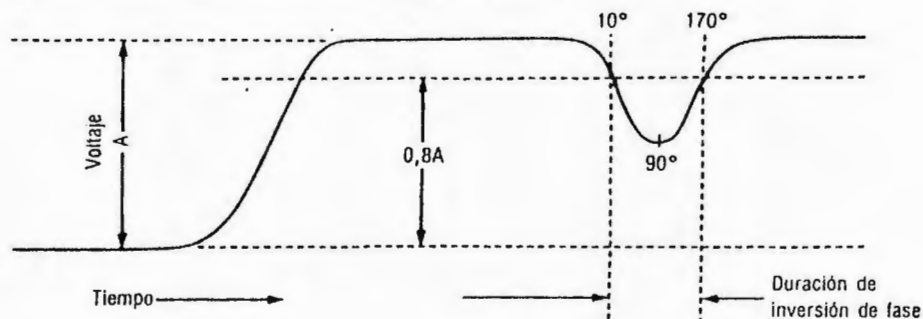


Figura 3-1. Definiciones de las formas de ondas, intervalos y puntos de referencia para sensibilidad y potencia del radar secundario de vigilancia

Nota 2.— El límite inferior del tiempo de aumento (0,05 μ s) es para reducir la radiación de banda lateral. El equipo cumplirá este requisito si la radiación de banda lateral no excede de la que produciría teóricamente una onda trapezoidal que tuviera el tiempo de aumento indicado.

3.1.1.4.7 El tiempo de disminución de los impulsos P_1 , P_2 y P_3 estará comprendido entre 0,05 y 0,2 μ s.

Nota.— El límite inferior del tiempo de disminución (0,05 μ s), trata de reducir la radiación de banda lateral. El equipo cumplirá este requisito si la radiación de banda lateral no excede de lo que produciría teóricamente una onda trapezoidal que tuviera el tiempo de disminución indicado.

3.1.1.5 CARACTERÍSTICAS DE LAS TRANSMISIONES DE CONTROL E INTERROGACIÓN (SUPRESIÓN DE LOS LÓBULOS LATERALES DE INTERROGACIÓN — SEÑALES EN EL ESPACIO)

3.1.1.5.1 La amplitud radiada de P_2 en la antena del transpondedor será:

- a) igual o mayor que la amplitud radiada de P_1 a partir de las transmisiones de los lóbulos laterales de la antena que radia P_1 , y
- b) a un nivel inferior a 9 dB por debajo de la amplitud radiada de P_1 , dentro del arco de interrogación deseado.

3.1.1.5.2 Dentro de la anchura del haz de interrogación direccional deseado (lóbulo principal), la amplitud radiada de P_3 estará dentro de 1 dB de la amplitud radiada de P_1 .

3.1.1.6 CARACTERÍSTICAS DE LA TRANSMISIÓN DE RESPUESTA (SEÑALES EN EL ESPACIO)

3.1.1.6.1 *Impulsos de trama.* En la respuesta se empleará una señal compuesta de dos impulsos de trama con un espaciado de 20,3 μ s como el código más elemental.

3.1.1.6.2 *Impulsos de información.* Los impulsos de información estarán espaciados a intervalos de 1,45 μ s a partir del primer impulso de trama. La designación y posición de estos impulsos de información serán las siguientes:

Impulsos	Posición (microsegundos)
C_1	1,45
A_1	2,90
C_2	4,35
A_2	5,80
C_4	7,25
A_4	8,70
X	10,15
B_1	11,60
D_1	13,05
B_2	14,50
D_2	15,95
B_4	17,40
D_4	18,85

Nota.— En 2.1.4.1 figura la norma referente a la utilización de estos impulsos. No obstante, la posición del impulso "X" sólo se especifica como norma técnica para salvaguardar posible uso futuro.

3.1.1.6.3 *Impulso especial de identificación de posición (SPI).* Además de los impulsos de información, se transmitirá un impulso especial de identificación de posición pero solamente mediante selección manual (del piloto). Siempre que se transmita, se hará con un intervalo de 4,35 μ s después del último impulso de trama de las respuestas en Modo A solamente.

3.1.1.6.4 *Forma del impulso de respuesta.* Todos los impulsos de respuesta tendrán una anchura de $0,45 \pm 0,1 \mu\text{s}$, un tiempo de aumento del impulso comprendido entre 0,05 y 0,1 μs y un tiempo de disminución del impulso entre 0,05 y 0,2 μs . La variación de amplitud de un impulso con respecto a cualquier otro en un tren de respuesta no excederá de 1 dB.

Nota.— El límite inferior de los tiempos de aumento y de disminución (0,05 μs) trata de reducir la radiación de banda lateral. El equipo cumplirá este requisito si la radiación de banda lateral no excede de la que produciría teóricamente una onda trapezoidal que tuviera los tiempos de aumento y de disminución indicados.

3.1.1.6.5 *Tolerancia en la posición del impulso de respuesta.* La tolerancia en el espaciado de cada impulso (incluyendo el último impulso de trama), respecto al primer impulso de trama del grupo de respuesta, será de $\pm 0,10 \mu\text{s}$. La tolerancia en la posición del impulso especial de identificación de posición, respecto al último impulso de trama del grupo de respuesta, será de $\pm 0,10 \mu\text{s}$. La tolerancia en el espaciado de cualquier impulso del grupo de respuesta, respecto a cualquier otro impulso (salvo el primer impulso de trama), no excederá de $\pm 0,15 \mu\text{s}$.

3.1.1.6.6 *Nomenclatura de los códigos.* Las designaciones de código consistirán en números entre 0 y 7, ambos inclusive, y se compondrán de la suma de los subíndices de los impulsos dados en 3.1.1.6.2, usados de la siguiente forma:

Dígitos	Grupo de impulsos
Primero (el más importante)	A
Segundo	B
Tercero	C
Cuarto	D

3.1.1.7 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS TRANSPONDEDORES CON FUNCIONES DE MODO A Y MODO C SOLAMENTE

3.1.1.7.1 *Respuesta.* El transpondedor (con no menos del 90% de activación) responderá cuando se cumplan todas las siguientes condiciones:

- la amplitud recibida de P_3 sea superior a un nivel de 1 dB por debajo de la amplitud recibida de P_1 , pero no más de 3 dB por encima de la amplitud recibida de P_1 ;
- o bien no se recibe ningún impulso en el intervalo de 1,3 a 2,7 μs después de P_1 , o P_1 excede en más de 9 dB cualquier impulso recibido en este intervalo;
- la amplitud recibida de una señal de interrogación apropiada exceda en más de 10 dB la amplitud recibida de impulsos aleatorios, cuando éstos no se identifiquen por el transpondedor como P_1 , P_2 o P_3 .

3.1.1.7.2 El transpondedor no responderá en las siguientes condiciones:

- a interrogaciones en las que el intervalo entre los impulsos P_1 y P_3 difiera en más de $\pm 1,0 \mu\text{s}$ del especificado en 3.1.1.4.3;
- al recibir un solo impulso cualquiera que no tenga variaciones de amplitud que se aproximen a una condición de interrogación normal.

3.1.1.7.3 *Tiempo muerto.* Después de haber reconocido una interrogación apropiada, el transpondedor no responderá a ninguna otra interrogación, al menos durante el tiempo empleado en la emisión del tren de impulsos de respuesta. Este tiempo muerto terminará no después de los 125 μs siguientes a la transmisión del último impulso de respuesta del grupo.

3.1.1.7.4 SUPRESIÓN

Nota.— Esta característica sirve para evitar que se reciban respuestas a interrogaciones en los lóbulos laterales de la antena del interrogador y para evitar que los transpondedores en Modos A/C respondan a las interrogaciones en Modo S.

3.1.1.7.4.1 El transpondedor será suprimido cuando la amplitud recibida de P_2 sea igual o mayor que la amplitud recibida de P_1 y exista un espaciado entre ambas de $2 \pm 0,15 \mu\text{s}$. No se requiere la detección de P_3 como condición previa para iniciar la acción de supresión.

3.1.1.7.4.2 El transpondedor será suprimido durante un período de $35 \pm 10 \mu\text{s}$.

3.1.1.7.4.2.1 Podrá volverse a iniciar la supresión con toda su duración dentro de los 2 μs siguientes a la terminación de cualquier período de supresión.

3.1.1.7.5 SENSIBILIDAD DEL RECEPTOR Y GAMA DINÁMICA

3.1.1.7.5.1 El nivel mínimo de activación del transpondedor será tal que provoque respuestas al 90% de las señales de interrogación, por lo menos, cuando:

- los dos impulsos P_1 y P_3 constituyentes de una interrogación sean de igual amplitud y no se detecte P_2 ; y
- la amplitud de estas señales esté nominalmente 71 dB por debajo de 1 mW, dentro de los límites de 69 y 77 dB por debajo de 1 mW.

3.1.1.7.5.2 Las características de respuesta y supresión tendrán aplicación cuando la amplitud recibida de P_1 esté comprendida entre el nivel mínimo de activación y 50 dB por encima del mismo.

3.1.1.7.5.3 La variación del nivel mínimo de activación entre modos no excederá de 1 dB para las separaciones nominales entre impulsos y las anchuras nominales de los impulsos.

3.1.1.7.6 *Discriminación por duración del impulso.* Las señales recibidas con una amplitud comprendida entre el nivel mínimo de activación y 6 dB por encima de éste, con una duración menor de 0,3 μs , no iniciarán la acción de respuesta o de supresión del transpondedor. A excepción de impulsos aislados cuyas variaciones de amplitud se parezcan a las de una interrogación, cualquier impulso aislado de duración superior a 1,5 μs no iniciará la acción de respuesta o de supresión del transpondedor dentro de los límites de la amplitud de señal comprendidos entre el nivel mínimo de activación y 50 dB por encima de dicho nivel.

3.1.1.7.7 *Supresión de eco y recuperación.* El transpondedor contendrá un dispositivo de supresión de eco, proyectado de forma que permita el funcionamiento normal en presencia de ecos de señales en el espacio. Este dispositivo será compatible con los requisitos relativos a la supresión de lóbulos laterales dados en 3.1.1.7.4.1.

3.1.1.7.7.1 *Desensibilización.* Al recibirse cualquier impulso de duración superior a 0,7 μs , el receptor se desensibilizará en una magnitud comprendida dentro de por lo menos 9 dB de la amplitud del impulso desensibilizado, pero sin sobrepasarla en ningún momento, a excepción del posible exceso durante el primer microsegundo siguiente al impulso desensibilizador.

Nota.— No se requiere que los impulsos aislados de duración menor de 0,7 μs causen la desensibilización mencionada ni que provoquen una desensibilización de duración mayor que la permitida en 3.1.1.7.7.1 y 3.1.1.7.7.2.

3.1.1.7.7.2 *Recuperación.* Después de su desensibilización, el receptor recuperará la sensibilidad (dentro de 3 dB respecto al nivel mínimo de activación) dentro de los 15 μs siguientes a la recepción de un impulso desensibilizador que tenga una intensidad de señal de hasta 50 dB por encima del nivel mínimo de activación. La recuperación será a una razón media que no exceda de 4,0 dB/ μs .

3.1.1.7.8 *Régimen de activación aleatoria.* Si no hubiera señales válidas de interrogación, los transpondedores en Modos A/C no generarán más de 30 respuestas no deseadas en Modo A o en Modo C por segundo, integradas en un intervalo equivalente a 300 activaciones aleatorias por lo menos, o 30 s, tomándose el menor de estos valores. No se sobrepasará este régimen de activación aleatoria incluso cuando todo el equipo capaz de interferir que esté instalado en la misma aeronave funcione a niveles máximos de interferencia.

3.1.1.7.9 RÉGIMEN DE RESPUESTA

3.1.1.7.9.1 El transpondedor será capaz de dar por lo menos 1 200 respuestas por segundo para una respuesta codificada de 15 impulsos, excepto que, para instalaciones de transpondedores utilizadas exclusivamente por debajo de 4 500 m (15 000 ft), o por debajo de una altitud menor fijada por la autoridad competente, o establecida en virtud de acuerdo regional de navegación aérea, se permitirán transpondedores capaces de dar por lo menos 1 000 respuestas por segundo para una respuesta codificada de 15 impulsos.

3.1.1.7.9.2 *Control del límite del régimen de respuesta.* Para proteger el sistema contra los efectos de una interrogación excesiva del transpondedor, evitando que responda a señales más débiles cuando se ha alcanzado un régimen de respuesta predeterminado, se incorporará en el equipo un control de límite de respuesta del tipo de reducción de sensibilidad. La amplitud de ese control permitirá como mínimo efectuar un ajuste de forma que limite las respuestas a cualquier valor entre 500 y 2 000 respuestas por segundo, o al régimen máximo de respuestas si éste fuese inferior a 2 000 respuestas por segundo, independientemente del número de impulsos de cada respuesta. La reducción de sensibilidad de más de 3 dB no tendrá lugar hasta que se exceda el 90% del valor seleccionado. La reducción de sensibilidad será de 30 dB por lo menos, para regímenes que excedan del 150% del valor seleccionado.

3.1.1.7.9.3 **Recomendación.**— *El límite del régimen de respuesta debería establecerse en 1 200 respuestas por segundo, o en el valor máximo que corresponda a las posibilidades del transpondedor si este valor fuese inferior a 1 200 respuestas por segundo.*

3.1.1.7.10 *Demora e inestabilidad de las respuestas.* La demora entre la llegada, al receptor del transpondedor, del borde anterior de P_3 y la transmisión del borde frontal del primer impulso de la respuesta será de $3 \pm 0,5 \mu\text{s}$. La inestabilidad total del grupo de código del impulso de respuesta con respecto a P_3 no excederá de $0,1 \mu\text{s}$ si el nivel de entrada del receptor está comprendido entre 3 dB y 50 dB por encima del nivel mínimo de activación. Las variaciones de la demora entre los modos en los cuales el transpondedor es capaz de responder no excederán de $0,2 \mu\text{s}$.

3.1.1.7.11 *POTENCIA DE SALIDA DEL TRANSPONDEDOR Y CICLO DE TRABAJO*

3.1.1.7.11.1 La potencia de cresta del impulso disponible en el extremo de la antena de la línea de transmisión del transpondedor será como mínimo de 21 dB y no excederá de 27 dB por encima de 1 W, excepto que, para instalaciones de transpondedores utilizadas exclusivamente por debajo de 4 500 m (15 000 ft) o por debajo de una altitud menor fijada por la autoridad competente, o establecida en virtud de acuerdo regional de navegación aérea, se permitirá una potencia de cresta del impulso disponible en el extremo de la antena de la línea de transmisión del transpondedor de un mínimo de 18,5 dB y de un máximo de 27 dB por encima de 1 W.

3.1.1.7.11.2 **Recomendación.**— *La potencia de cresta del impulso que se especifica en 3.1.1.7.11.1 debería mantenerse dentro de un régimen de respuestas de código 0000 a un régimen de 400 respuestas por segundo hasta un máximo contenido de impulsos a un régimen de 1 200 respuestas por segundo, o un valor máximo inferior a 1 200 respuestas por segundo, según sean las posibilidades del transpondedor.*

3.1.1.7.12 *CÓDIGOS DE RESPUESTA*

3.1.1.7.12.1 *Identificación.* La respuesta a una interrogación en Modo A constará de los dos impulsos de trama especificados en 3.1.1.6.1 además de los impulsos de información (Código en Modo A) especificados en 3.1.1.6.2.

Nota.— *La designación de código en Modo A es una secuencia de cuatro dígitos de conformidad con 3.1.1.6.6.*

3.1.1.7.12.1.1 El código en Modo A se seleccionará manualmente entre los 4 096 códigos disponibles.

3.1.1.7.12.2 *Transmisiones de la altitud de presión.* La respuesta a las interrogaciones en Modo C constará de los dos impulsos de trama especificados en 3.1.1.6.1. Cuando se disponga de información digitalizada de altitud de presión, se transmitirán también los impulsos de información especificados en 3.1.1.6.2.

3.1.1.7.12.2.1 Se proveerá a los transpondedores de medios para eliminar los impulsos de información pero para retener los impulsos de trama cuando no se cumpla la disposición de 3.1.1.7.12.2.4 al replicar a la interrogación en Modo C.

3.1.1.7.12.2.2 Los impulsos de información serán automáticamente seleccionados por un convertidor analógico-digital, conectado a una fuente de datos de altitud de presión, a bordo de la aeronave, referidos al reglaje altimétrico tipo 1 013,25 hectopascales.

Nota.— *El reglaje de presión de 1 013,25 hectopascales equivale a 29,92 pulgadas de mercurio.*

3.1.1.7.12.2.3 La altitud de presión se notificará por incrementos de 100 ft, mediante la selección de impulsos que figuran en el Apéndice 1 de este capítulo.

3.1.1.7.12.2.4 El código digital seleccionado corresponderá dentro de un margen de tolerancia de $\pm 38,1 \text{ m}$ (125 ft), para una probabilidad del 95%, a la información de la altitud de presión (referida al reglaje altimétrico tipo de 1 013,25 hectopascales), que se utiliza a bordo de la aeronave para atenerse al perfil de vuelo asignado.

3.1.1.7.13 *Transmisión del impulso especial de identificación de posición (SPI)*. Cuando se necesite, se transmitirá este impulso en las respuestas en Modo A, según se especifica en 3.1.1.6.3, durante un período comprendido entre 15 y 30 segundos.

3.1.1.7.14 ANTENA

3.1.1.7.14.1 El sistema de antena del transpondedor, cuando esté instalado en una aeronave, tendrá un diagrama de radiación esencialmente omnidireccional en el plano horizontal.

3.1.1.7.14.2 **Recomendación.**— *El diagrama de radiación vertical debería ser nominalmente equivalente al de un monopolo de cuarto de onda en el plano del suelo.*

3.1.1.8 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS INTERROGADORES TERRESTRES CON FUNCIONES MODO A Y MODO C SOLAMENTE

3.1.1.8.1 *Frecuencia de repetición de la interrogación*. La frecuencia máxima de repetición de la interrogación será de 450 interrogaciones por segundo.

3.1.1.8.1.1 **Recomendación.**— *A fin de reducir al mínimo la activación innecesaria del transpondedor y la muy elevada interferencia mutua resultante, todos los interrogadores deberían utilizar la frecuencia más baja posible de repetición que sea compatible con las características de presentación, anchura del haz de la antena del interrogador y velocidad de rotación de la antena empleados.*

3.1.1.8.2 POTENCIA RADIADA

Recomendación.— *Con objeto de mantener al mínimo la interferencia del sistema, la potencia radiada aparente de los interrogadores debería reducirse al valor más bajo compatible con el régimen exigido operacionalmente de cada uno de los emplazamientos del interrogador.*

3.1.1.8.3 **Recomendación.**— *Cuando la información en modo C haya de usarse en relación con aeronaves que vuelen por debajo de los niveles de transición, debería tenerse en cuenta el punto de referencia de presión del altímetro.*

Nota.— *La utilización del modo C por debajo de los niveles de transición está de acuerdo con el criterio de que el Modo C puede emplearse útilmente en todos los ambientes.*

3.1.1.9 DIAGRAMA DE CAMPO RADIADO DEL INTERROGADOR

Recomendación.— *La anchura del haz de la antena direccional del interrogador por la cual se radia P_1 , no debería ser mayor que la requerida para su funcionamiento. La radiación de los lóbulos lateral y posterior de la antena direccional debería estar por lo menos 24 dB por debajo del máximo de la radiación correspondiente al lóbulo principal.*

3.1.1.10 MONITOR DEL INTERROGADOR

3.1.1.10.1 La precisión en distancia y azimut del interrogador habrán de estar controlados con una frecuencia suficiente para garantizar la integridad del sistema.

Nota.— *Los interrogadores que están relacionados con el radar primario y operan conjuntamente con dicho elemento, pueden utilizar el radar primario como dispositivo monitor; en otro caso haría falta contar con un monitor electrónico de distancia y azimut.*

3.1.1.10.2 **Recomendación.**— *Además del dispositivo monitor de distancia y azimut, debería preverse un control continuo de los demás parámetros críticos del interrogador terrestre, para detectar cualquier degradación de las características de actuación que exceda de las tolerancias del sistema, y proporcionar una indicación de semejante ocurrencia.*

3.1.1.11 RADIACIONES Y RESPUESTAS NO ESENCIALES

3.1.1.11.1 RADIACIONES NO ESENCIALES

Recomendación.— *La radiación CW no debería exceder de 76 dB por debajo de 1 W para el interrogador, y de 70 dB por debajo de 1 W para el transpondedor.*

3.1.1.11.2 RESPUESTAS NO ESENCIALES

Recomendación.— *La respuesta de los equipos de a bordo y terrestre a señales no comprendidas en el paso de banda del receptor debería ocurrir por lo menos a 60 dB por debajo de la sensibilidad normal.*

ANEXO 3

BREVE HISTORIA DE LOS SISTEMAS DE RADAR SECUNDARIO CONVENCIONAL

Los sistemas de Radar Secundario, han sufrido un proceso de generaciones sucesivas que los ha ido reconvirtiendo, ampliando y perfeccionando.

El origen se halla en los sistemas IFF(en inglés Identification Friend or Foe) denominado Mark I, desarrollado en 1,940 en Inglaterra para uso de identificación con fines militares (figura 3-1). Básicamente consiste en la adición de un equipo respondedor embarcador en la aeronave colaboradora de forma que responde a las interrogaciones de un radar primario. En éste se reciben los ecos normales de un avión no colaborador y un eco amplificado cuando el avión está dotado del respondedor, ya que éste genera un pulso en idéntica frecuencia. La identificación se lograba comparando visualmente la intensidad de los retornos.

Los equipos IFF Mark II, se desarrollan en 1,942 en Inglaterra y en 1.943 en suma Estados Unidos en la generación de IFF Mark III que operaba en la banda 157-187 Khz (figura 3-2).

Al final del 1.953 y durante 1.944, se crea el proyecto IFF Mark V a través de un consorcio (UNB) que engloba a Estados Unidos, Inglaterra y Canadá.

Se establece una normalización de frecuencia: 950 Khz, para interrogación de 1150 Mhz, para respuesta. Desaparece la interrogación por impulso único y se permiten tres modos (tipos 1,2 y 3) dependiendo de la separación de los pulsos transmitidos (3, 5 y 8 μ s respectivamente). La respuesta era un tren de impulso tipo Morse. El proyecto IFF Mark V, acabó con la II Guerra Mundial en 1.945.

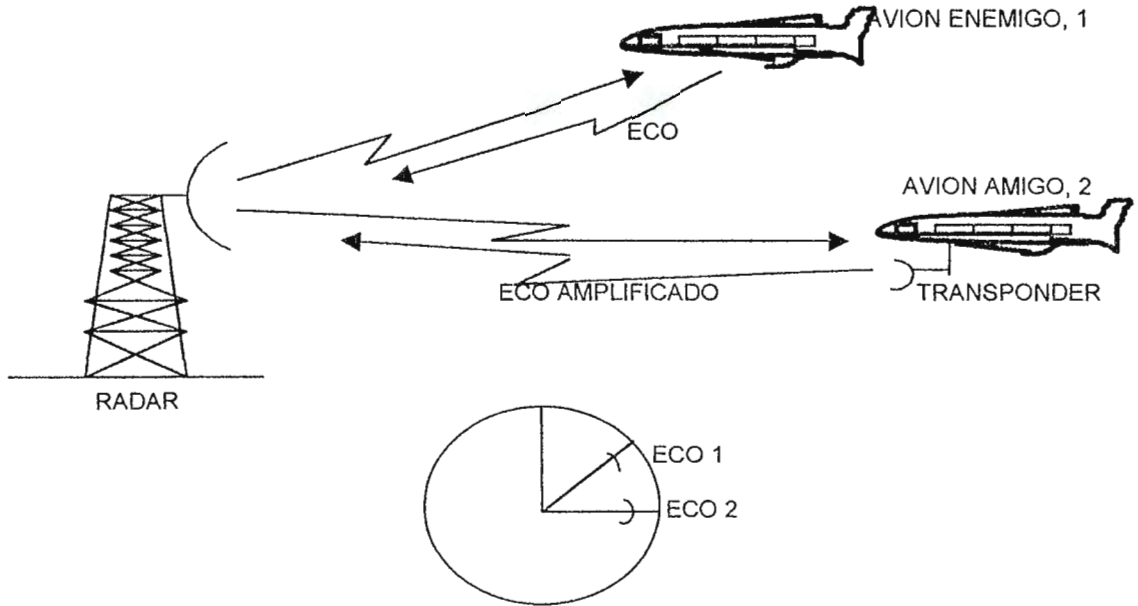


FIGURA 3-1- SISTEMA IFF, MARK I

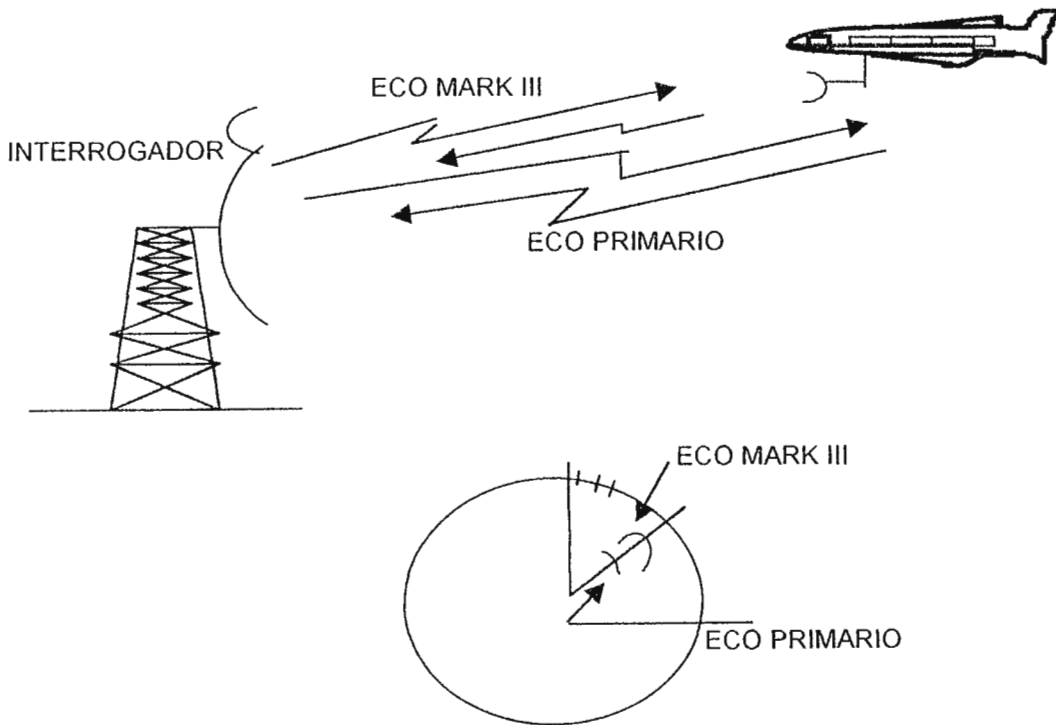


FIGURA 3-2- SISTEMA IFF, MARK III

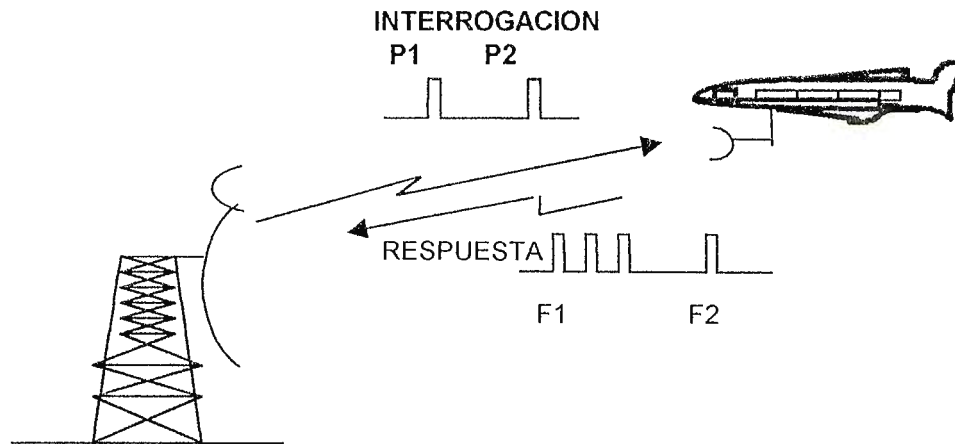


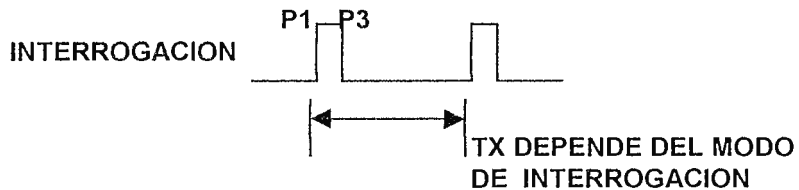
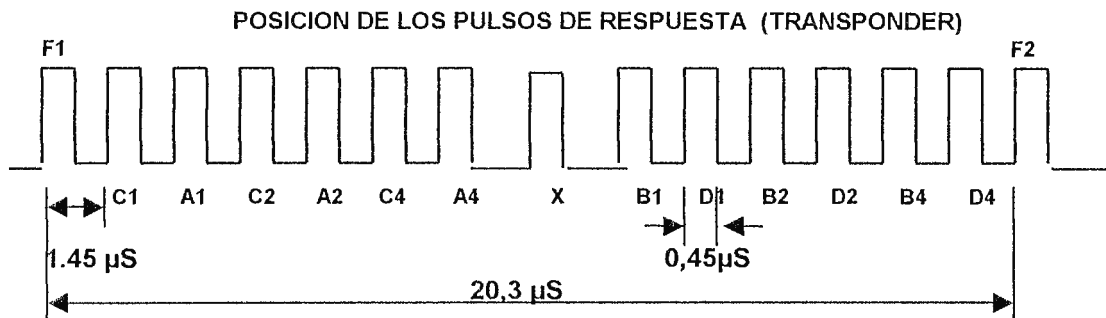
FIGURA 3-3- SISTEMA IFF (SIF) MARK X

Entre los años 1,950 y 1957, se trabaja en la reordenación de los anteriores trabajos. Se establece como frecuencia de interrogación y respuesta 1030 y 1090 y Mhz. Respectivamente. Los modos de trabajo siguen siendo múltiples (de nuevo 1, 2 y 3) y se especifican como el sistema SIFG (Selective Identification Feature) y se genera el sistema Mark X (SIF) donde el índice de generación X corresponde a una originaria X significando "no designado" (fig. 3-3).

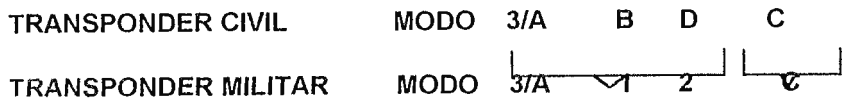
El sistema IFF Mark X (SIF) está vigente hoy en día en equipos en servicio activo con usos similares. En 1,969 se especifica este sistema en la ordenación OTAN, según la norma STANAG 5017. Las respuestas enviadas desde el respondedor, son una combinación de pulsos que permiten 32, 4096 y 64 códigos diferentes para los modos 1, 2 y 3 respectivamente.

En 1,953 el Departamento de Defensa de Estados Unidos ofrece el IFF Mark x (SIF) para uso civil como un sistema común para control de tráfico aéreo. Los esfuerzos combinados de organizaciones civiles y militares producen el ATCRBS (Air Traffic Control Radar Beacon System). Al incluir un modo que codifica la altitud del avión se produce, pro primera vez, un sistema cuyas entradas permiten dar el Control Aéreo la posición tridimensional de un avión.

El sistema se implanta en los Estados Unidos en el comienzo de los 60's. En 1,967 aparece como obligatorio en uso de los respondedores para los aviones operando en el sistema de Control de Tráfico Aéreo por encima de 18.000 pies. El sistema ATCRBS aparece recomendado por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) en su Anexo 10 de Normas y Métodos de 1, 962, con la denominación SSR (Secondary Surveillance Radar).



MODO	SEPARACION P1, P3 (MICROSEGUNDOS)	PULSOS UTILIZADOS	COMBINACIONES
1	3	A1, A2, A4, B1, B2	32
2	5	A1, A2, A4, B1, B2, B4 C1, C2, C4, D1, D2, D4	4096
3/A	8	A1, A2, A4, B1, B2, B4, C1, C2, C4, D1, D2, D4	4096
B	17	FORMATO INGLES	
C	21	A1, A2, A4, B1, B2, B4 C1, C2, C4, D2, D4	CODIGO GRAY 1280
D	25	RESERVADO PARA USO FUTURO	



IDENT ALTURA

FIGURA 3-4- INTERROGACIONES EN MODO IFF MARK X, A

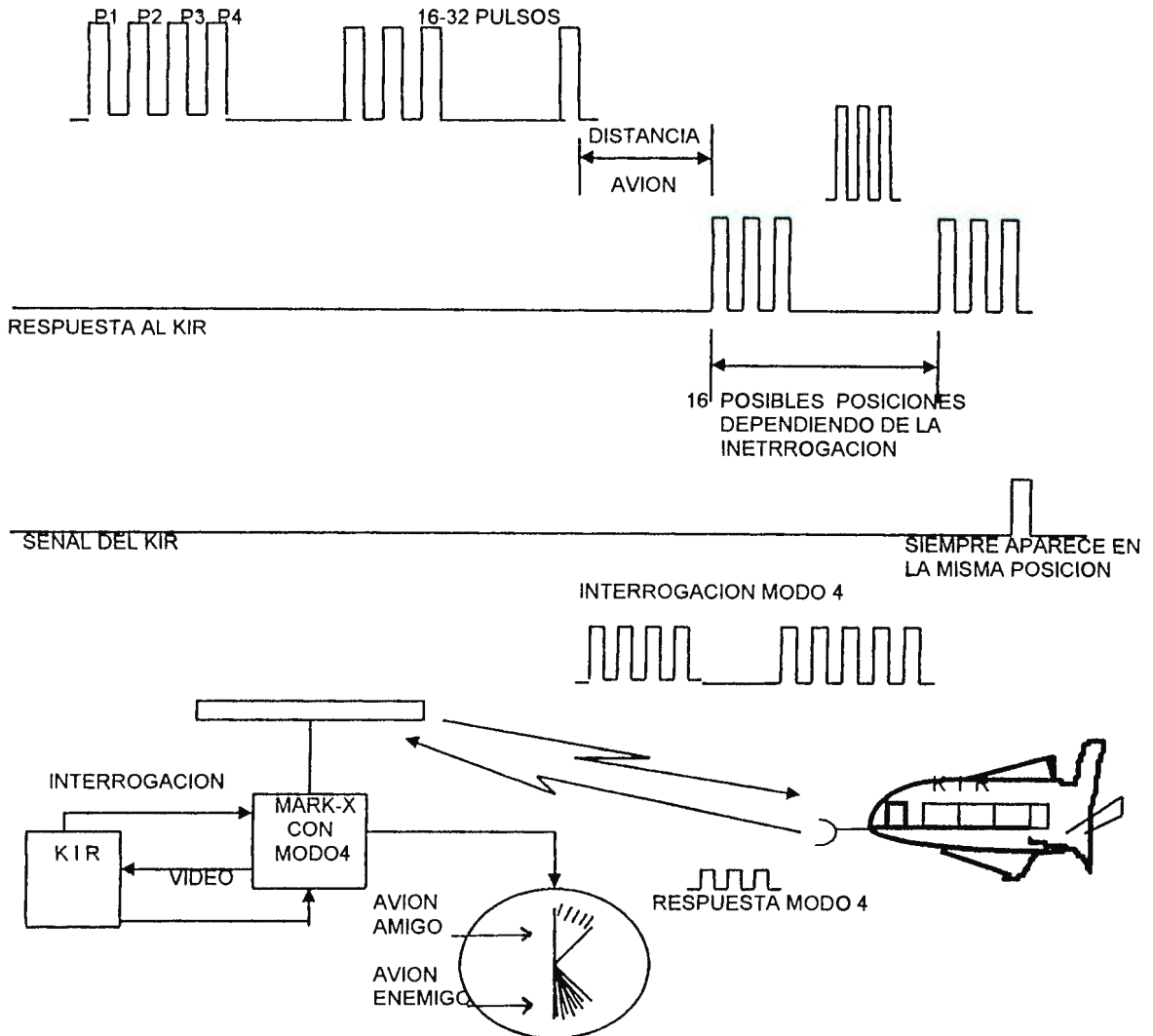


FIGURA 3-5- MODULO 4 EN IFF MARK XII

Los sistemas militares posteriores son compatibles con el SSR y dan lugar al IFF Mark X, A (fig. 4-4) y el IFF Mark XII que incluye un modo con funcionamiento criptográfico, según se especifica en la norma STANAG 5017, Edición 3 de la OTAN (figura 3-5).

Actualmente, los sistemas de Radar Secundario establecen la compatibilidad de uso civil-militar mediante interrogaciones en seis modos 1, 2, 3/A, B, C y D. El modo se asocia a la separación de los impulsos p1 y p3 correspondiendo, respectivamente a 3, 5, 8, 17, 21 y 25 us. Un tercer impulso de interrogación, denominado P2' se transmite por una antena con diagrama omnidireccional. Este diagrama supera al direccional (radiando P1 y P3) en todo el espacio salvo

aquel correspondiente al lóbulo principal. El sistema se llama ISLS (Interrogation Side Lobe Supression), o simplemente SLS y permite que los respondedores contesten a interrogaciones sobre lóbulos secundarios ya que distinguen, en este caso, la menor amplitud de P1 respecto a P2 (figura 3-6).

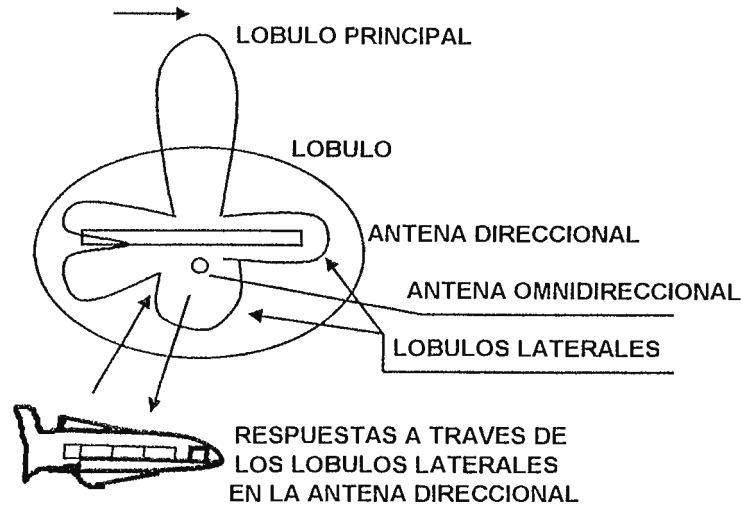


FIGURA 3-6- SISTEMA SLS

Las respuestas del respondedor, corresponden a la presencia o ausencia de hasta 13 pulsos enmarcados en otra pareja de pulsos (F1 y F2) cuya separación fija de $20,3\mu\text{s}$ marca la presencia de una respuesta válida.

El modo de interrogación C, correspondiente a una separación entre pulsos P1 y P3 de $21\mu\text{s}$ tiene un uso especial. El respondedor, al recibir de este modo, envía una respuesta donde los 13 pulsos codifican de forma automática, la altura barométrica del avión. El control de Tráfico Aéreo, los interrogadores SSR trabajan intercalando una secuencia de modos disparo a disparo. Un modo es de identificación es de altitud (Modo. C en ambos usos).

En la figura 3-7 se presenta un diagrama de bloques simplificado de un sistema interrogador de Radar Secundario SSR.

En España, los primeros radares para uso exclusivo del Control de Tráfico Aéreo, se instalaron en el año 1972. Los equipos eran Mark X del tipo AN/TPX 42 (A) fabricados por la compañía Americana AIL, según requerimientos del Gobierno de los Estados Unidos. La tecnología empleada corresponde a circuitos de estado sólido, lógica TTL y núcleos de memoria de ferrita. El transmisor/ receptor esta realizado también en estado sólido a excepción de las válvulas en su etapa de transmisión final.

Es en 1982, cuando la tecnología española, concretamente CESELSA lleva a cabo el desarrollo de su primer radar secundario el IRS-10. El IRS-10 puede considerarse un sistema actual y típico de Radar Secundario "convencional". Las técnicas de integración de circuitos y el uso de microprocesadores han hecho posible la concentración de los diversos circuitos en nueve tarjetas impresas. Su proceso de extracción se realiza sobre el concepto de ventana deslizante y añade la función RSLS o supresión de lóbulos laterales en recepción. [6]

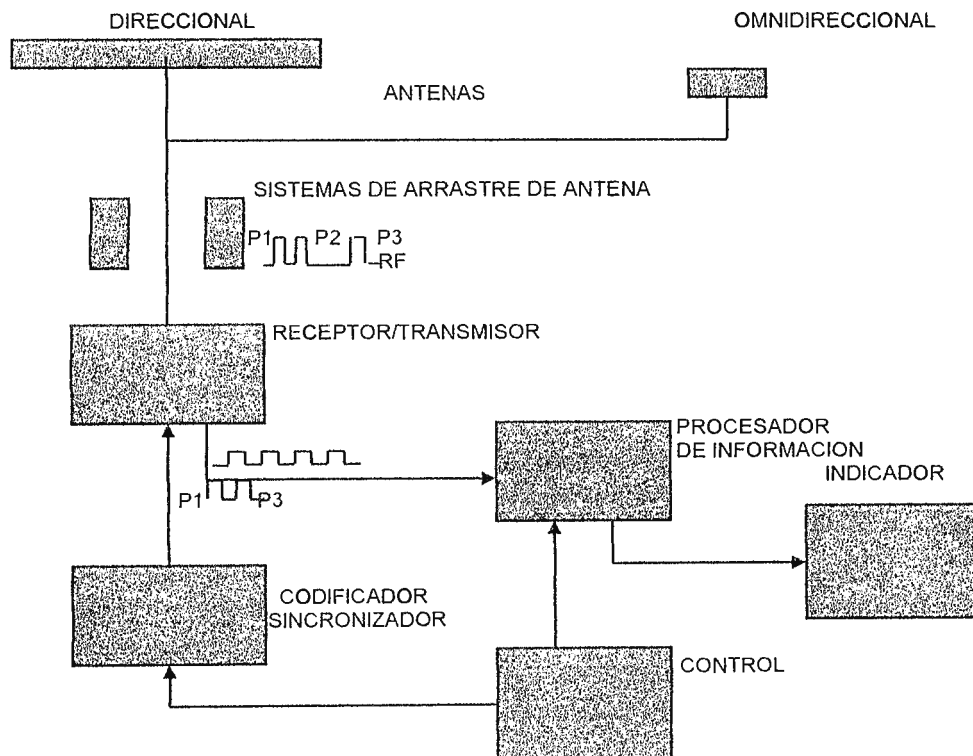


FIGURA 3-7- DIAGRAMA DE BLOQUES EN UN SISTEMA DE RADAR SECUNDARIO

ANEXO 4

4.1- LA ECUACIÓN DEL RADAR

Se llama ecuación del radar a la que define el alcance del radar, o distancia máxima a la cual es capaz de detectar un blanco en función de los parámetros del sistema. Se trata pues de definir una actuación del radar, el alcance, que es una de las que mejor califican el buen o mal comportamiento del sistema.

4.2- Alcance del radar

Sea :

- P_t La potencia transmitida durante un impulso
- G La ganancia de la antena en la dirección del máximo
- R La distancia del blanco
- A El área de la antena
- N La potencia mínima detectable del receptor

La densidad de potencia radiada a la distancia del blanco será $P_t G / 4\pi R^2$ la reflejada por el blanco será $P_t G S / 4\pi R^2$, siendo S la superficie "efectiva" del blanco, que se define como la superficie de un blanco ideal equivalente, que, reflejando toda la potencia recibida en forma isotrópica, devuelve hacia el receptor la misma potencia por unidad de superficie que el blanco real, Por consiguiente, y por definición de S , la potencia recibida en el lugar del receptor será $P_t G S / (4\pi R^2)^2$. Como el receptor tiene un área A , la potencia recibida será $P_t G S A / (4\pi R^2)^2$.

Si ahora consideramos que el blanco está a la máxima distancia detectable, $R_{m\acute{a}x}$, la potencia recibida será la potencia mínima detectable N , por lo que:

$$N = \frac{P_t G S A}{(4\pi R^2)^2} \text{ siendo } Rm \text{ el alcance del radar.}$$

Por consiguiente, $Rm = \frac{P_t G S A}{(4 \pi)^2 N}$

que es la “ecuación del radar” en su forma más elemental. En ella se han despreciado las pérdidas de programación y se ha considerado ideal el rendimiento de la antena. La antena está representada por los dos parámetros G y A , relacionados entre sí, como se recordará de la teoría de antenas y se verá más adelante, por la relación:

$$G = \frac{4\pi A}{\lambda}$$

Donde λ es la longitud de onda, a su vez función de la frecuencia a través de la relación $f \lambda = c$, siendo c la velocidad de la luz.

Si se sustituye G o A en la ecuación del radar, se obtiene:

$$Rm = \frac{P_t A^2 S}{(4 \pi \lambda^2 N)} = \frac{P_t G^2 \lambda^2 S^2}{(4 \pi)^3 N}$$

De la ecuación del radar se deduce inmediatamente que el alcance varía con la raíz cuarta de la potencia. Esto hace muy caro aumentar el alcance a partir de potencia; para duplicar el alcance hay que multiplicar la potencia por dieciséis. También puede deducirse que el alcance varía con la raíz cuadrada de la superficie de la antena, A a frecuencia de trabajo constante. Es decir, el alcance varía con la dimensión lineal de la antena. Aumentar el tamaño de la antena es, pues bastante rentable y este es el motivo de que en radar se usen antenas lo más grande posibles dentro de las limitaciones mecánicas de espacio y precisión y coste de la estructura soporte de la antena.

De la misma fórmulas se deducen que el alcance varía con la raíz cuarta de la potencia mínima detectable que, por supuesto, debe ser lo menor posible. [12]

ANEXO 5

ANTENAS DE RADAR

La directividad de la antena, en el alcance y en la resolución lateral, de acuerdo esto se puede decir, que las antenas de radar son todas del tipo muy directivo, con un gran reflector o con una gran área. Esta directividad va asociada a una gran apertura de la antena. Esto hace que el tratamiento de las antenas de radar sea relativamente más sencillo que el de las antenas de uso general, ya que, en la práctica, se trata siempre de antenas de gran apertura (respecto a la longitud de onda) en que la antena se puede considerar como una integración de infinitos elementos pequeños radiantes, en forma de "plano radiante", iluminado desde el transmisor.

5.1- TIPOS DE ANTENAS

Dentro de la característica casi general de que se trata de antenas de alta directividad, existe una gran variedad de tipos que permiten hacer diferentes clasificaciones según el criterio con que se agrupen.

En primer lugar, podemos clasificar las antenas en ***fijas y móviles***.

- ***Las antenas fijas:*** menos usadas que las móviles, se usan en el radar de medida de velocidades de automóviles, que vigilan un sector fijo (por un punto de una carretera, por ejemplo).
- ***Las antenas móviles:*** hacen un movimiento para cubrir un área determinada, movimiento que se llama "exploración" (scanning) o siguen un blanco en su movimiento, como ocurre en el caso de satélites.

Por consiguiente podríamos hacer la siguiente clasificación:

- a) **Antenas fijas.** (Medidas de velocidades.)

b) Antenas móviles. Entre ellas:

b1- Antenas giratorias, para radares tipo PPI (plan "position indicator"), con diagrama de radiación en abanico vertical (Ejemplo las del radar de vigilancia de aeropuertos ASR).

b2- Antenas giratorias en un sector, para radares tipo PPI, pero con movimiento de va y viene (ejemplo las del radar de aterrizaje, PAR. "precision approach radar").

b3-Con movimiento de seguimiento o búsqueda y seguimiento (radares de seguimiento y tiro).

En el caso de las antenas giratorias, se pretende hacer un plano con los blancos "barridos" por la antena. Esto se hace con un diagrama de radiación estrecho en el plano horizontal, en el que se hace el barrido, y ancho en el plano vertical en el que no se necesita resolución y se desea no perderse ningún blanco, por ejemplo, ningún avión, cualquiera que sea su altura. Este diagrama se llama "en abanico".

Se podría clasificar a las antenas por su diagrama de radiación en:

- a) Diagrama en pincel.** (Usado en seguimiento)
- b) Diagrama en abanico.** (Usado en exploración).
- c) Diagrama ancho en ambas direcciones** (Usado en control de velocidad).

El movimiento del haz de la antena puede obtenerse mecánicamente o electrónicamente (con antena fija, cambiando la alimentación), lo que permite **clasificar las antenas móviles en:**

- a) Mecánicamente móviles.**
- b) Fijas, de haz móvil.** (Electrónicamente móviles).

Por la forma de obtener la directividad, las antenas podrían clasificarse en:

- a) Cilíndricas** (Reflector cilíndrico)
- b) Paraboloideas** (Reflector en Paraboloides de revolución)

c) De apertura rectangular.

Por la forma de alimentarse podríamos clasificar las antenas en:

a) Alimentación focal (En el foco del paraboloide, por ejemplo.)

b) Alimentación en apertura. (Bocinas por ejemplo.)

c) Con doble reflector, (tipo Cassegrain, por ejemplo)

También hay tipos especiales, como los de alimentación lateral, alimentación móvil (o "apertura sintética), etc.

Existe un gran número de combinaciones de los tipos citados, que se usan según la aplicación de que se trate. Sin embargo, la gran mayoría de las aplicaciones de radar utilizan uno de los cuatro tipos que describimos a continuación:

a) De bocina: (fig. 5.1)

Se trata de una simple bocina de adaptación de la guía de onda al medio exterior. La bocina adapta lentamente la impedancia característica y evita reflexiones excesivas hacia la guía de onda. Es una componente de guía de onda de poca directividad (en eso, constituye, en cierto modo, una excepción respecto a las demás antenas de radar), unos 15 a 20 dB, y haz ancho, unos 20-30 grados. Es muy útil para el radar de medida de velocidades y como alimentador para otros tipos de antena. Se trata como una apertura rectangular.

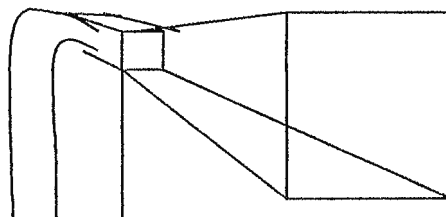


FIGURA 5.1- ANTENA DE BOCINA.

b) De reflector parabólico (paraboloide de revolución).

Alimentado en el foco, con apertura rectangular (es decir, cortado en forma rectangular).

Fig. 5.2

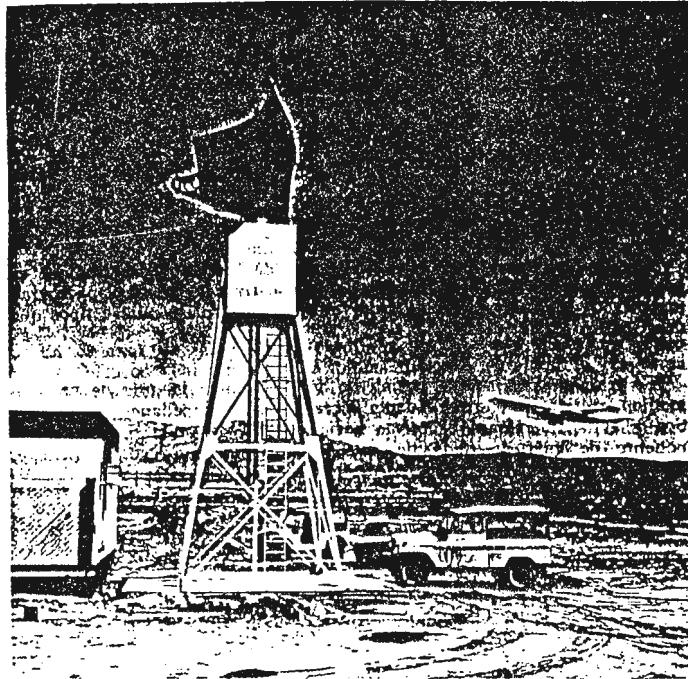


FIGURA 5.2- ANTENA DE RADAR DE VIGILANCIA DE MEDIO ALCANCE (180 Km)

Es el tipo de antena más usado para los radares de “vigilancia” o “cubrimiento”, es decir, los que utilizan una exploración circular para hacer una presentación PPI (plan “position indicator) o en un plano.

El reflector es parabólico, con alimentación en el foco a través de una bocina de poca directividad. A veces, la curva del reflector se hace algo más complicada y se alimenta algo lateralmente o, lo que es más corriente en el caso del radar de vigilancia, ASR (Airport Surveillance Radar) se hace otra corrección de forma para obtener el diagrama “en cosecante cuadrado”, como ya veremos más adelante.

El diagrama de radiación de estas antenas es en abanico vertical, de un ancho de unos 0,5-3 grados en horizontal y 30-60 grados en vertical. Esto se obtiene haciendo la apertura de la antena de forma rectangular y más ancha que alta.

c) Cilíndrica-parabólica.

El reflector es un cilindro de generatriz horizontal y sección parabólica. Se alimenta a lo largo de la línea focal. Ver figura 5.3

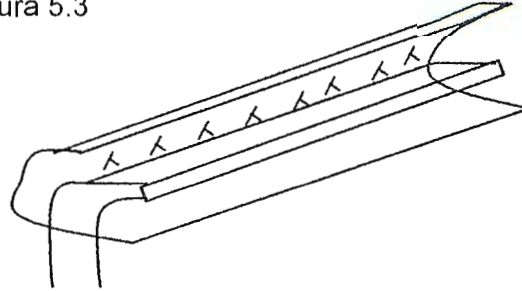


FIGURA 5.3- ANTENA CILÍNDRICA.

El diagrama es un abanico vertical, como en el caso anterior, ya que la apertura es un rectángulo horizontal.

Se puede utilizar para radares de vigilancia, como la anterior, o radares de precisión. El haz es más alargado, es decir, más estrecho en horizontal y ancho en vertical.

Este tipo tiene, además la posibilidad de alimentar con una variación de fase lineal a lo largo de la generatriz, con lo que se consigue una desviación electrónica del haz. También se puede usar en radares que midan la elevación del blanco, como el radar de aterrizaje, PAR (precisión "approach radar"), en sentido vertical.

d) En paraboloides de revolución.

Este tipo, de reflector parabólico y alimentación focal, se diferencia del primero en que la apertura es circular y, por consiguiente, el diagrama es "en pincel", fono en todas direcciones. (Fig. 5.4)

Es el típico de radar de seguimiento de precisión, debido a la forma del haz. También se usa en los radares de tiro de a bordo. Este tipo de antenas es el que se usa en los enlaces punto a punto de microondas, por ser la orientación fija, característica común a otras aplicaciones aeroespaciales, y de astronomía (medida de distancias de los planetas, por ej.). [12]

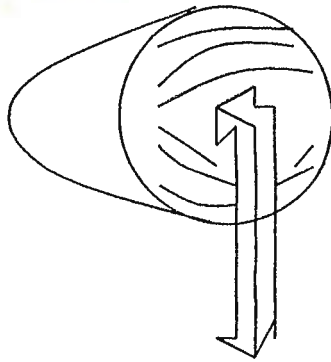


FIGURA 5.4- ANTENA EN PARABOLOIDE DE REVOLUCION

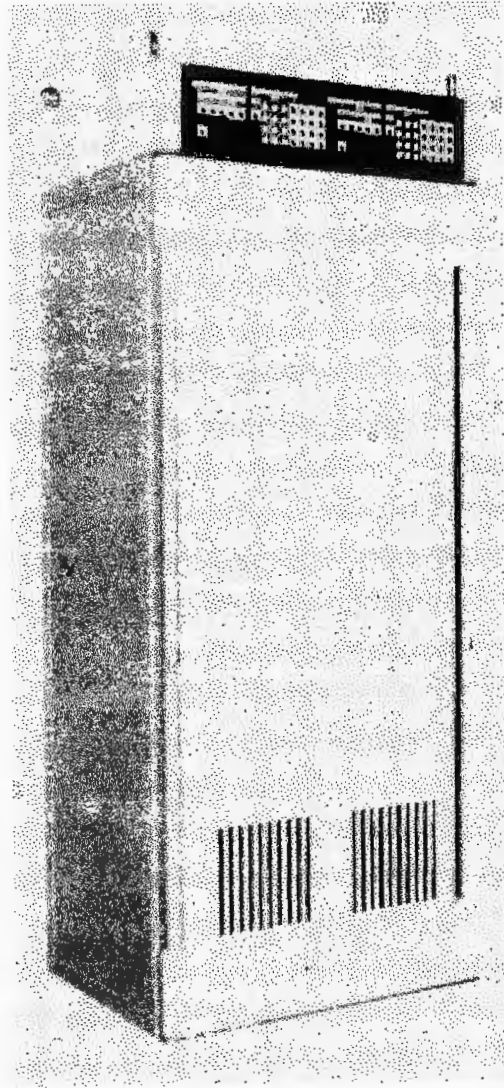
ANEXO 6- EQUIPO RADAR

Figura 6.1- Equipo SIR. Vista frontal de un gabinete cerrado

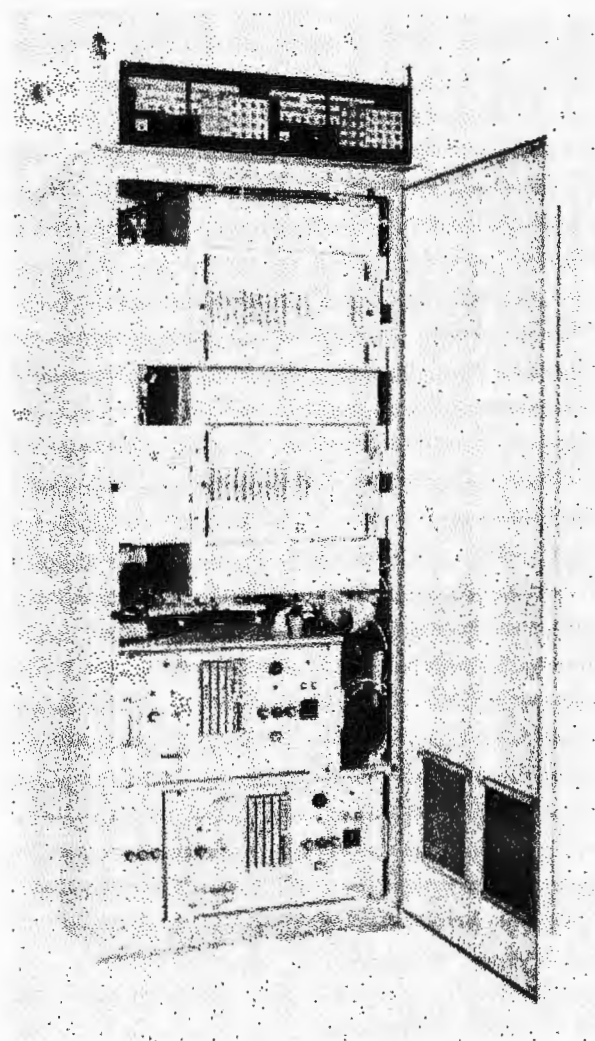


Figura 6.2- Equipo SIR-M. Gabinete abierto

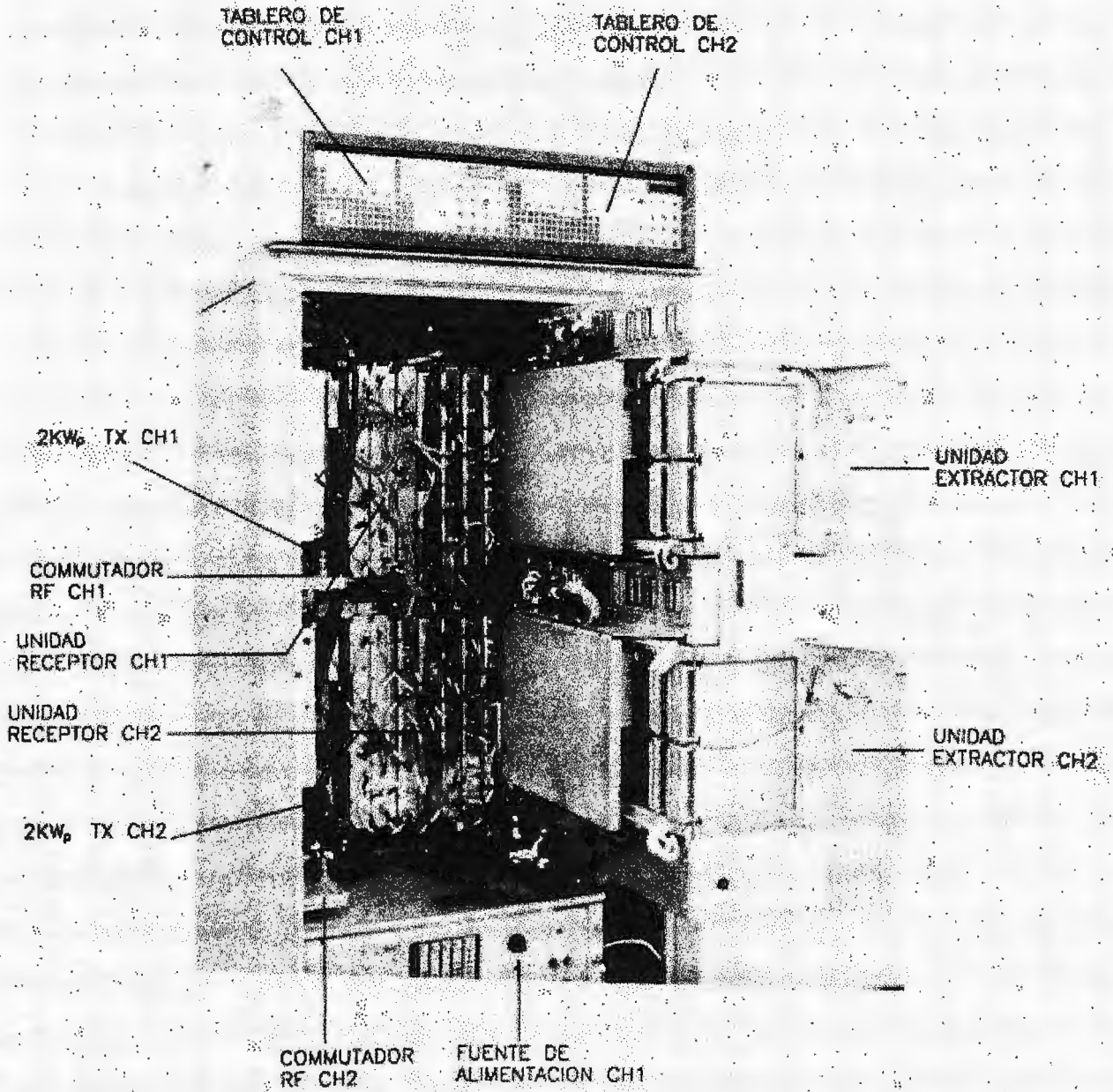


Figura 6.3- Interior del gabinete SIR-M

Tabla 6.1- Características técnicas

TRANSMISOR	
- Tecnología	Estado sólido y dispositivos enchufables (plug-in).
- Frecuencia de transmisión	1030 MHz \pm 0,1 MHz.
- Estabilidad de la frecuencia	\pm 50 KHz (Controlada con cristal de cuarzo).
- Duración del pulso transmitido	0.8 μ s \pm 0.1 ms en todos los modos.
Tiempo de subida	0.05 to 0.1 μ s
Tiempo de bajada	0.05 to 0.2 μ s
Retardo entre P2 y P1	2 \pm 0.05 μ s en todos los modos
Retardo entre P3 y P1	3 \pm 0.05 μ s (modo 1) 5 \pm 0.1 μ s (modo 2) 8 \pm 0.1 μ s (modo 3/A) 17 \pm 0.1 μ s (modo B) 21 \pm 0.1 μ s (modo C) 25 \pm 0.1 μ s (modo D)
- Modulación externa	Disponible
- Ciclo de servicio	1% máximo
- Impedancia de salida	50 ohm
- Potencia de salida (canal único)	\geq 62 dBm
- Diferencia en el nivel de la potencia pico entre P1-P3.	<0.5 dB
- Estabilidad a corto plazo	La desviación del valor programado de la potencia picono excede los 0.5 dB.
- Estabilidad a largo plazo	La desviación del valor programado de la potencia picono excede 1 dB en cualquier tipo de ambiente.

Altos voltajes	Ausentes en todo el equipo (dispositivo de estado sólido).
RECEPTOR	
Tecnología	Alta integración en partes de RF usando la técnica modular plana. Todos los módulos son enchufables (plug-in).
Configuración	Pareja acoplada de canales logarítmicos para los canales Σ y Δ y un canal logarítmico separado como canal Ω .
Características de las señales de entrada	En conformidad al Anexo 10 ICAO y a las recomendaciones STANAG 5017.
Impedancia de entrada	50 Ω nominales.
Características de las señales de salida	Están disponibles 4 salidas de video: a) Log Σ : usada para la detección de los códigos. b) Log Σ/Δ usada para la información de azimut (valor off-boresight). c) SIGN: usado para determinar si el avión está a la izquierda o a la derecha de la mira de la antena. d) LOG Σ/Ω usado por la función RSL (supresión de los lóbulos laterales en el receptor).
Impedancia de salida	75 Ω nominales.
Frecuencia nominal de entrada	1090 MHz.
Ancho de banda	8-10 MHz en los puntos de -3 dB . ≤ 24 MHz en los puntos de -40 dB. ≤ 50 MHz en los puntos de -60 dB.

STC	
Ley:	6 dB/octava.
Ajuste de la atenuación inicial:	Hasta 80 dB en pasos de 1 dB.
Punto de inicio de la STC:	En cualquier punto después de P3 + 3 μ s.
RAG-STC	
Paso de distancia:	En pasos de 0.1 M.N. hasta 256 M.N.
Pasos de Azimut:	128
Atenuación:	\pm 14 dB con respecto a la ley STC en pasos de 2 dB.
CONTROLADOR/EXTRACTOR	
Concepto de extracción	Basado en la técnica de localización de la posición del monopolso.
Características de las señales de entrada.	Están disponibles 4 entradas diferentes para los canales Σ , Σ/Δ , Σ/Ω y SIGN del receptor. Las señales Σ , Σ/Δ , Σ/Ω son analógicas mientras que la señal SIGN es TTL.
Formato de la señal de respuesta.	En conformidad con el Anexo 10 de ICAO y a las recomendaciones STANAG 5017, para los modos de interrogación 1, 2, 3/A, B, C, D.
Características de las señales de referencia azimutal	ACP y NORTH, vienen del codificador del eje de 12 bits. Internamente se define una precisión de los ACP hasta de 16 bits.
Cuanto de distancia	1/64 MN.

— Línea 1 serie	Interfase estándar EIA RS232C o RS422. Transmisión asíncrona. Velocidad de transmisión 1200-19200 bit/segundo (Ver tabla 3-2-8).
UNIDAD DE CAMBIO (Change over)	
— Operación	Automática o manual.
— Control	Local o remoto.
— Estado del canal auxiliar	El canal de transmisión auxiliar está en condiciones de espera activa (active stand-by) y cerrado a la carga de RF.
— Prioridad del cambio de canal.	Se pueden presentar dos estados de alarma. El primero es una alarma "mayor" y el otro una alarma "menor". Si se presenta una alarma "mayor" en un canal y una alarma "menor" en el otro, el canal con alarma menor queda seleccionado hacia la salida.
— Pérdidas de RF del Change over.	<0.5 dB.
FUENTE DE ENERGIA	
— Voltaje:	220 Vca \pm 10%, monofásico (115 Vca por medio de dispositivos internos).
— Frecuencia de la línea	45 to 450 Hz \pm 10 Hz.
— Picos de voltaje de la línea principal	El equipo no se daña por la presencia de picos cuya amplitud sea hasta el 30% mayor del valor nominal con una duración de \leq 500 ns. y con 5 segundos de tiempo máximo de recuperación.
— Consumo de energía	700 W (canal único).
— Salidas de voltajes de CD estabilizados.	+40 V (de 0 a 1A), +28V (de 0 a 3A), \pm 12V (de 0 a 9A), +50 V (de 0 a 3.5A), +5V (de 0 a 60A).

<ul style="list-style-type: none"> — Salidas de voltajes de CD sin estabilizar. — Protección de sobre corriente en la salida — Protección de sobre voltaje en la salida — Filtro EMI en la línea principal. — Radiación hacia el antena. 	<p>± 24 V (de 0 a 3A), -150V (de 0 a 50 mA).</p> <p>Por medio de limitadores de corriente para cada uno de los voltajes estabilizados. Por medio de fusibles para los voltajes sin estabilizar.</p> <p>Por medio de circuitos SCR-CROW-BAR capaces de poner la salida en cero rápidamente en cualquier momento que los umbrales preestablecidos sean excedidos.</p> <p>Atenuación >40 dB en la banda de 0.01 hasta 100 MHz.</p> <p>El generador de potencia está protegido contra radiaciones e.m. de la frecuencia de conmutación, hacia el exterior.</p>
BITE/BIT	
<ul style="list-style-type: none"> — Objetivos del BITE/BIT — Visualización de alarmas — Facilidades adicionales 	<p>Por medio de circuitos BITE localizados en las partes más importantes del sistema (TX/RX/FUENTE DE ENERGIA), cada condición de falla queda detectada y señalada. Además, con el auxilio de programas de diagnósticos específicos se pueden detectar situaciones de averfa en el extractor/controlador (BIT).</p> <p>Un visualizador de cuatro dígitos localizado en el panel de control del extractor/controlador indica el tipo de alarma. A través del código visualizado se puede identificar el tipo de falla.</p> <p>Puntos de prueba, blancos de prueba, diagnósticos fuera de línea (off-line), prueba remota de las alarmas (opcional), Prueba completa del sistema (opcional usando un equipo transponder de prueba (Test Transponder)).</p>
<ul style="list-style-type: none"> — Extensión del BITE/BIT al sitio remoto por medio de los tele- - diagnósticos. 	<p>Encaso de un sitio sin personal sólo con radar secundario, (off mounted), es posible, por medio de una carta adicional opcional, manejar y enviar las alarmas de las unidades del sistema hacia los controles remotos.</p>

Tabla 6.2- Características de la fuente de energía

Voltaje Monofásico:	220 Vca +/-10% (115 Vca por medio de un dispositivo interno).
Frecuencia de la red:	45 a 450 Hz +/- 10%.
Picos:	Máximo 30% del valor nominal para t<500ms.
Atenuación:	>40dB (de 0.01 a 100MHz)
Consumo de energía (doble canal):	1500 W
Consumo de energía (canal único):	700 W

Tabla 6.3- Características ambientales

Temperatura de operación:	de 0°C a 65°C.
Temperatura de almacenamiento:	De -40°C a 70°C
Humedad a +40°C:	<95%
Choque térmico:	Ver especificaciones MIL.

Tabla 6.4- Características mecánicas

	Ancho	Alto	Profundidad	Peso
Gabinete SIR-M Doble canal	720mm	1750mm	545mm	270mm
Gabinete SIR-M canal único	720mm	1750mm	500mm	220Kg
Unidad Controlador/Extractor	585mm	355mm	290mm	
Unidad receptora	130mm	500mm	320mm	
Unidad fuente de energía	485mm	266mm	420mm	

Antena ALE-9		
(1)	Número de columnas radiadoras	35
(2)	Espaciamiento de columnas	240 mm
(3)	Número de dipolos por columna radiadora	11
(4)	Espaciamiento de dipolos en la columna radiadora	150 mm
(5)	Longitud total del arreglo	8400 mm
(6)	Altura total del arreglo	1850 mm
(7)	Profundidad total de arreglo (incluyendo el radiador del campo posterior)	1450 mm
(8)	Altura de la abertura radiadora	1650 mm
(9)	Longitud de las secciones laterales del arreglo	1920 mm
(10)	Longitud de la sección central del arreglo	4560 mm
(11)	Peso total (sin la estructura de soporte)	430 kg
Interfase G7/G14		
(1)	Longitud total	4650 mm
(2)	Altura total (con bisagra y soportes de los tensores)	400 mm
(3)	Profundidad total	1050 mm
(4)	Peso total (incluyendo los 2 brazos tensores)	85 kg
Interfase G33		
(1)	Longitud total	4650 mm
(2)	Altura total (con soportes de bisagra)	700 mm
(3)	Profundidad total	1100 mm
(4)	Peso total	90 kg

Tabla 6.5 – Principales parámetros físicos

ESPECIFICACION DE PARAMETROS	REQUERIMIENTOS
Frecuencia	
Canal "E" (Suma)	1030 3.5 MHz y 1090.5 MHz
Canal "?" (Diferencia)	1090 5 MHz
Canal "n" (SLS)	1030 3.5 MHz y 1090.5 MHz
Impedancia (entradas "E", "?" y "n")	50 ohms, nominal
VSWR (canales "E", "?" y "n")	1.5 : 1 (referido a 50 ohms)
Capacidad de manejo de potencia:	
Canal "E"	10 kW máximo, 200 W promedio
Canales "?" y "n"	10 kW máximo, 100 W promedio
Polarización (todos los canales)	Vertical
Polarización cruzada:	
Canales "" y ""	25 dB abajo del máximo común, para -2 < 0 < 40 grados.
Canal "n"	20 dB abajo del máximo común, para 0 < 0 < 40 grados
Ganancia del patrón "Suma"	> 27 dB sobre el radiador isótrópico
Ganancia del patrón "Diferencia"	Dentro de 2.5 dB del máximo del patrón "Suma"

Tabla 6.6 – Características eléctricas básicas de la antena

ESPECIFICACION DE PARAMETROS	REQUERIMIENTOS
Angulo de elevación (0), desde el horizonte	Características de ganancia
5 grados arriba del horizonte	Menos de 1 dB abajo del máximo del haz (forma de nariz)
4.0 grados abajo del horizonte	<-16 dB
6.0 grados abajo del horizonte	< -26 dB
Parte inferior del punto de -16dB hasta -70 grados	Lóbulos laterales de <-20 dB
Parte inferior de la pendiente, desde el máximo al primer nulo	Monótonamente hasta <-30 dB
Parte superior del punto de -3 dB hasta +24 grados	Cosecante al cuadrado, modificado por la curvatura terrestre y la compensación de la reducción de la ganancia de la antena omnidireccional del transponder
+24 a +36 grados	-9 dB 1.5 dB, cresta a valle
+36 a +72 grados	Decremento monótono hasta \leq -30 dB
Parte superior de 0 > +72 grados	Lóbulos laterales <-25 dB.
Desde la cresta a los puntos de -3 dB de ambos lados	Haz pincel
Ancho del haz entre los puntos de -3 dB	11 1.0 grados
Coefficiente de caída en los ángulos negativos desde -6 dB a -16 dB	no menos de 1.8 dB/grado.
Nivel en +50 grados	no mayor de 22 dB abajo del máximo del patrón "Suma"

Tabla 6.7 – Especificaciones de las características del patrón de radiación de elevación del canal "SUMA" de la antena

ANGULO DE ELEVACION (θ)	CARACTERISTICAS DE GANANCIA
-2 a +36 grados	Misma forma como en "Suma" 1 dB (1090 MHz)
+36 a +72 grados	Misma forma como en "Suma" 2 dB (1090 MHz)
+36 a +72 grados	Decremento monótono hasta -28 dB
Parte superior, arriba de +72 grados	Lóbulos laterales -24 dB
Inclinación (entre el horizonte y el punto de -16 dB de la parte inferior)	1.8 dB/grado, mínimo.
4 grados abajo del horizonte	16 dB
6 grados abajo del horizonte	≤ -25 dB
Punto de -16 dB en la parte inferior hasta -70 grados	Lóbulos laterales ≤ -19 dB
Inclinación en la parte inferior hasta el primer nulo	Decremento monótono hasta -29 dB

Tabla 6.8- Especificaciones del patrón de elevación del canal "DIFERENCIA" de la antena

ANGULO DE ELEVACION (0)	CARACTERISTICAS DE GANANCIA
Desde la cresta hasta el punto de -18 dB en la parte inferior en todos los ángulos de azimuth	Decremento monótono con decrementos de ángulos de elevación
+5 grados o ángulo de elevación del máximo del patrón "Suma"	Dentro de 0 a -2 dB del máximo común en todos los ángulos de azimuth
-4 grados	< -14 dB
De +5 a -2 grados	Misma forma que la del patrón "Suma" dentro de 1.5 dB
0 grados (horizonte)	De -6 a 2.0 dB del máximo en todos los ángulos de azimuth dentro de 0 15 grados y 180 90 grados.
0 grados (horizonte)	-6 3 dB del máximo, en todos los ángulos de azimuth exteriores a los arriba especificados
Inclinación desde el punto de -6 dB de la parte inferior al punto de -18 dB de la parte inferior	> 1.6 dB/grado, en todos los ángulos de azimuth dentro de 0 15 grados y 180 15 grados.
	> 1.4 dB/grado, en todos los ángulos de azimuth exteriores a los arriba especificados
Lóbulos laterales de la parte inferior, abajo de -18 dB	< -16 dB

Tabla 6.9- Especificaciones del patrón de radiación de elevación del canal "SLS" de la antena en 1030MHz y 1090MHz

ANEXO 7

7.1 - TARIFAS DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE ILOPANGO

Derechos por el uso del aerodromos y servicios de navegación aérea. Decreto 88 del año de 1,982. Dirección General de Transporte Aéreo (DGTA)

1. Aterrizajes de aeronaves

Los derechos establecidos a continuación corresponden al Aeropuerto Internacional de ILOPANGO, todos los derechos para el uso del aeródromos han de ser pagados por el piloto de la aeronave, en el momento de su aterrizaje o antes de que la aeronave salga del aeródromo.

El derecho de aterrizaje se calculará en base a peso máximo permisible de despegue, según se especifica en los certificados de aeronavegabilidad extendido por el estado en que está matriculada la aeronave.

Peso de la aeronave:	Derechos:
Hasta 1000 Kgs.	¢ 2.50
De 1,001 a 2,000 Kgs.	¢ 5.00
De 2,001 a 3,000 Kgs.	¢ 10.00
De 3,001 a 5,000 Kgs.	¢ 15.00
De 5.001 a 10,000 Kgs.	¢ 20.00

Las aeronaves cuyo peso excede 10,000 kgs. pagarán por cada 1000 kgs. de peso o fracción, ¢ 3.25, por cada aterrizaje. Las cuotas de esta tarifa no incluyen alumbrado de pista (uso nocturno), por la prestación de este servicio se cobrarán ¢ 25.00 por aterrizaje o despegue en su caso, cualquier quiera que sea el peso de la aeronave.

Las cuotas de esta tarifas para el uso de pistas en concepto de aterrizaje, incluye el despegue de la aeronave.

Las aeronaves del club de aviación Civil y de sus socios, las aeronaves agrícolas de matrícula salvadoreña pagan por el alumbrado de pista, ya sea por aterrizar o despegar, la cantidad de ¢ 10.00.

2- Estacionamiento de Aeronaves

Por el estacionamiento de aeronaves en cualquier parte del aeropuerto Internacional de ILOPANGO que no este destinado a una empresa particular, según acuerdos legales se calculará de conformidad a las siguientes tarifas:

- a) Las aeronaves de cuyo peso máximo no exceda de 5,000 kgs. pagarán ¢ 6.25 por el primer día o fracción, pasado este tiempo se cobrara ¢ 2.50 por cada día o fracción.
- b) Las aeronaves cuyo peso exceda 5,000 kgs. pagaran de conformidad con su peso bruto máximo la cantidad de ¢ 0.635 por cada 1,000 kgs. por día o fracción, la primera hora es gratis y por cada 24 horas subsiguientes o fracción pagaran ¢ 25.00.

3. Servicios a los pasajeros

3.1 Todo pasajero que sale del Aeropuerto Internacional de ILOPANGO tiene que pagar ¢ 7. 50.

7.2 - REPUBLICA DE EL SALVADOR

DIRECCION GENERAL DE TRANSPORTE AEREO

SERVICIOS DE INFORMACION AERONAUTICA

AEROPUERTO INTERNACIONAL DE ILOPANGO

CIRCULAR DE INFORMACION AERONAUTICA

Se comunica a todos los pilotos, líneas aéreas comerciales y/o la aviación en general ANTL. Que a partir del 01 de julio de 1995, entro en vigencia la modificación, al cobro por el servicio de protección al vuelo para todos los vuelos internacionales que utilizando el espacio aéreo comprendido dentro de la UIR/FIR centroamericana inicien o finalicen su vuelo en los aeropuertos internacionales de ILOPANGO de el SALVADOR.

La institución encargada de hacer efectivo el cobro es la Corporación Centroamericana de Servicios de navegación Aérea (COCESNA), por ser la responsable de proporcionar los servicios de transito aéreo, comunicaciones aeronáuticas y radioayudas a la navegación aérea en el espacio aéreo comprendido dentro de la UIR/ FIR centroamericana.

Los elementos básicos considerados para hacer él calculo matemático y definir la tarifa a cobrar a cada usuario serán:

- Peso máximo de despegue (según certificado de aeronavegabilidad)
- Distancia total volada dentro del espacio aéreo centroamericano.

Los pagos se deberán efectuar en U.S. DOLLAR o su equivalente en colones salvadoreños, al cambio interbancario de venta, vigente al día de efectuarse el cobro.

La tabla por categoría es la siguiente:

<u>PESO DE LA AERONAVE</u>	<u>CATEGORIA</u>	<u>TARIFA POR NM VOLADA</u>
Hasta 12,500 LBS	/6	US \$ 0.03
de 12,501 a 50,000 "	5	0.10
de 50,001 a 80,000 "	4	0.12
de 80,001 a 110,000 "	3	0.25
de 110,001 a 170,000 "	2	0.33
de 170,001 en adelante	1	0.52

7.3 - TARIFAS DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL EL SALVADOR

COMISION EJECUTIVA PORTUARIA AUTONOMA

ACUERDO EJECUTIVO N°. 343 DIARIO OFICIAL N° 127, TOMO 32

07 DE JULIO DE 1993

SECCION IV- TARIFAS Y REGARGOS

1) Aplicable al uso de la pista de aterrizaje y plataforma de estacionamiento de aeronaves.

a) tarifa de aterrizaje US \$ 3.00/ton. 1/3

b) tarifa de estacionamiento US \$ 0.38ton. 1/2

1/ Por cada tonelada o fracción de peso bruto máximo de despegue. Cobrado en colones de acuerdo al tipo de cambio máximo de compra de la moneda, al momento que sé de por finalizada la prestación del servicio.

2/ Por cada 4 horas o fracción, siendo las dos primeras horas libres de pago en las plataformas de la terminal de pasajeros. Los estacionamientos de las otras plataformas se cobraran a US \$0.38/Ton. O fracción de peso máximo de despegue, por cada 4 horas o fracción.

c) El cobro mínimo por servicio de aterrizaje para aeronaves cuyo peso no exceda de 2 toneladas.

i) Para vuelos locales ¢ 60.00.

ii) Para vuelos internacionales US \$ 8.00 /3

3/ Cobrado en colones de acuerdo al tipo de cambio máximo de compra de la moneda, al momento en que sé de por finalizada la prestación del servicio.

2) DERECHO DE EMBARQUE

A) Por cada pasajero mayor de dos años que embarque: US \$ 19. 47 /4.

4/ Será cobrado en colones exactos, con base al máximo tipo de cambio bancario de compra de la moneda, publicado el quince y él ultimo día de cada mes calendario. Dicho cobro lo

efectuara la aerolínea al pasajero en el mostrador de tráfico y remitido a CEPA después de efectuado el cobro.

En el caso de los días en los que no hubiere publicación, se aplicara el máximo tipo de cambio, del ultimo día en que fuere publicado.

Si al convertir el valor de dólares a colones resulta una fracción de colon menor de ¢ 0.50, el resultado se aproximará al colon superior.

3) CANONES DE ARRIENDO APLICABLES A LAS LINEAS AEREAS EN LA TERMINAL DE PASAJEROS

- a) Mostrador de Trafico exclusivo (1.75 metros lineales incluyendo bascula) ¢ 960. 00/mes
- b) Suprimido.
- c) Oficinas de trafico.
(Lado mostradores). U.S \$ 10. 31/ M² /Mes/5
- d) Oficinas de tráfico
(lado rampa) US \$ 9.16 / M² mes /5
- e) Oficinas en 2º. Piso. ¢ 90.00/ M² / mes
- f) Suprimido

/5 Cobrado en colones salvadoreños, al máximo tipo de cambio de la moneda, al momento en que sé de por finalizado el servicio.

4) CANONES DE ARRIENDO APLICABLES A LAS LINEAS AEREAS EN LA TERMINAL DE CARGA.

- a) Area de oficina y bodega de exportación:
 - i) Sin aire acondicionado. ¢ 32.00 / M² / mes
 - ii) Con aire acondicionado. ¢ 42.00 / M² / mes

ANEXO 8

El centro de control radar para el tránsito aéreo de América Central

Se fortalece la seguridad aérea al instalarse un moderno sistema automatizado de control de tránsito aéreo en Centroamérica. El sistema ya en operación comprende en total un Centro de Control y cuatro cabeceras radar.

Un hecho destacado que marcó un trascendental suceso en el desarrollo de la aviación centroamericana, lo constituyó la inauguración del Centro de Control para el tráfico Aéreo Regional (CENAMER) que llevo a cabo la Corporación Centroamericana de Servicios de Navegación Aérea COCESNA e integrada por los estados de Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Belice. El marco del evento fue la sede central de COCESNA el día 28 de Noviembre de 1996 en Tegucigalpa, Honduras.

La inauguración del centro de control virtualmente representa la entrada en operación del sistema radar centroamericano denominado de otra forma Proyecto Euromaya. Este proyecto fue financiado bajo el convenio entre la comunidad Europea, el gobierno de ITALIA y COCESNA. El objetivo fundamental era fortalecer la cooperación centroamericana a la hora de proveer servicios regionales para la navegación aérea.

Los principales componentes de este proyecto incluyen obra civil, sistemas radar, un nuevo centro de control de tránsito aéreo, procesamiento de datos de vuelo, presentación en pantalla de los datos de radar, comunicaciones del sistema convencional, entrenamiento y asistencia técnica. Cuatro radares monopulso de vigilancia secundarios (SSR) de Alenia han sido instalados.

Características del sistema

Por medio de la utilización de una cadena de sensores radar secundarios capaces de asegurar la cobertura de FIR centroamericana (Honduras, El salvador, Guatemala, Nicaragua, Costa Rica y Belice) del FL 200 hasta los niveles de vuelo superiores situados en puntos geográficos estratégicos y sus zonas oceánicas, se obtiene la más amplia detección entre las varias coberturas radar.

De este modo, es posible aumentar la precisión limítrofe para el control de vuelos hasta la entrada de la zona de cobertura radar de la FIR, así como para el control activo de los vuelos a falta del dato radar. Asimismo, aumenta la fiabilidad y la seguridad de los datos relativos a un mismo blanco mediante la correlación de más datos radar.

La utilización de aparatos radar secundarios monopulso de última generación, como los instalados por Alenia en Centroamérica tienen una alta probabilidad de detección y precisión de blancos, logrando disminuir las distancias de seguridad entre los diversos aviones.

La utilización de un Centro de Control ATC con fáciles capacidades de expansión permite aumentar el número de los radares secundarios, de los radares secundarios, de los sectores de control operativo, así como de los circuitos AFTN/ARINC y otros, haciendo frente a los incrementos del tránsito aéreo previstos hasta el año 2010.

El centro de control tiene la función de multiradar de rastreo de modo que se permite la visualización del tránsito aéreo de la entera FIR centroamericana.

Asimismo, este centro tiene la capacidad para la planificación automática de los planes de vuelo, utilizando los mensajes de la Red de telecomunicaciones Aeronáuticas AFTN recibidos de la FIR limítrofe o adyacente para el control de los vuelos hasta la entrada de la zona de cobertura radar de la FIR, y para el control activo de los vuelos a falta del dato radar.

El sistema de adquisición de Datos Radar comprende cuatro cabeceras radar secundarias de tipo monopolso utilizadas para identificar las aeronaves dentro del aérea de cobertura geográfica y enviar datos radar al centro de Control. Dichas cabeceras enviaran sus datos a través de la Red de comunicaciones, uniéndose a la misma por medio de radioenlaces (Sistema de Comunicaciones Datos Radar).

Los radares se han instalado en los siguientes sitios: Mata de Caña en Costa Rica, Monte Crudo en Honduras, Dixon Hill en Honduras y Cerro Santiago en Guatemala. En adición al Euromaya, COCESNA esta planeando instalar un quinto radar monopolso secundario de vigilancia en Nicaragua, y un radar secundario convencional en el norte de Guatemala que podría completar la cobertura radar en el espacio aéreo continental de la FIR centroamericana.

Un nuevo Centro de Control de tránsito Aéreo ha sido inaugurado en Tegucigalpa. El sistema Euromaya incluye una nueva red de telecomunicaciones aeronáuticas AFTN y un procedimiento de datos radar y vuelo, comunicaciones de voz, servicios de información aeronáutica AIS, datos meteorológicos y consolas automatizadas para los controladores.

Como opera el centro de control

El centro de control de tránsito Aéreo opera un servicio automatizado de control de tránsito aéreo por radar de forma que los controladores tienen la presentación en pantalla de las aeronaves que operan en la región del control de tránsito aéreo centroamericano y zonas marítimas adyacentes.

Las cabeceras radar localizadas en Centroamericana en Centroamérica envían sus datos a través de la red de radiocomunicación de COCESNA, y se unen a la misma por medio de radioenlaces.

Objetivos del sistema Euromaya

El sistema Euromaya es un sistema de control de tráfico aéreo, cuyos objetivos son:

- Mejorar la seguridad del tránsito de la región FIR Centroamericana.
- Integrar a Centroamérica en las modernas tecnologías del control de tránsito aéreo.
- Capacitar al personal de COCESNA en las tecnologías correspondientes a la actualidad del control de tránsito aéreo.
- Contar con un sistema expansible y adaptable a las nuevas exigencias. **[14]**

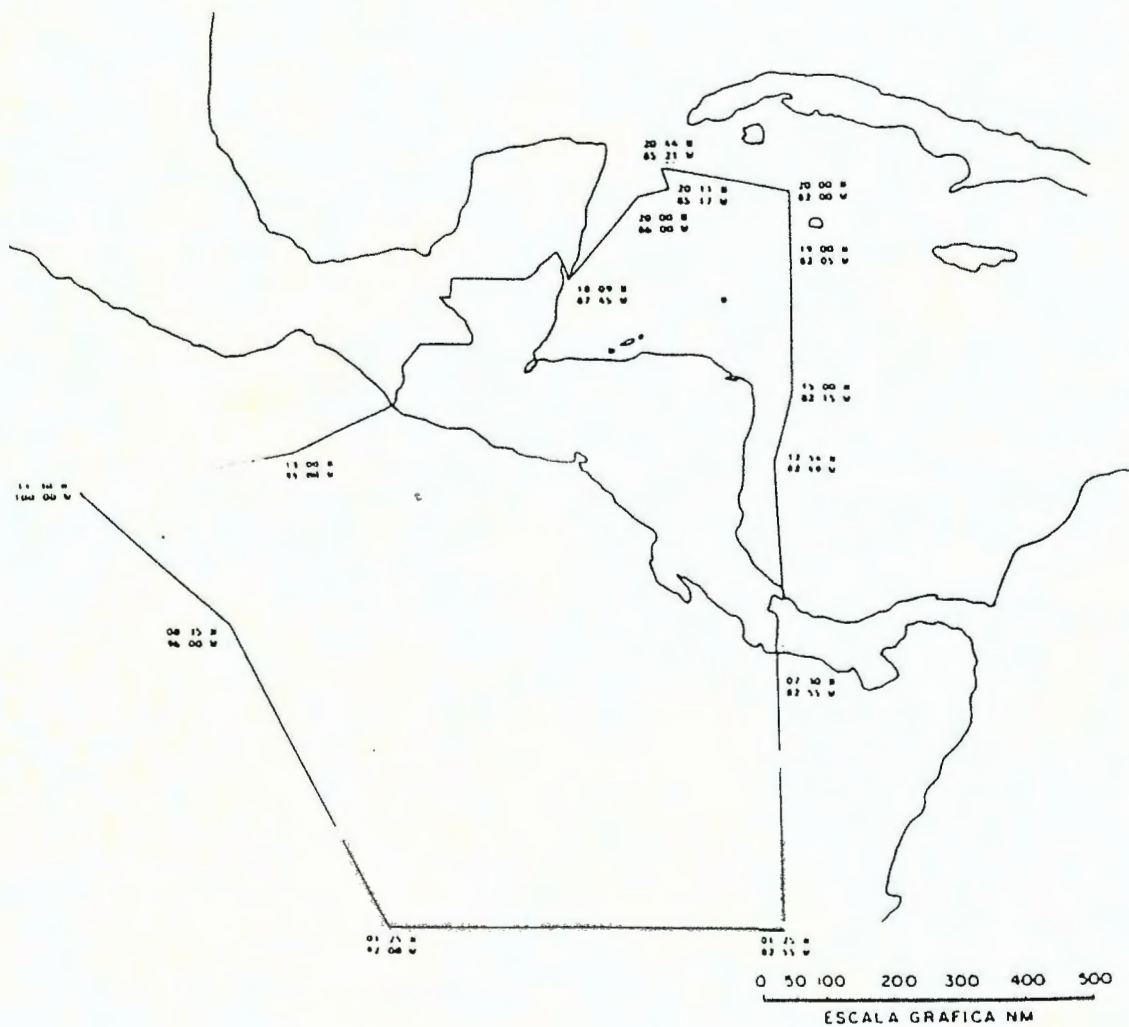


Figura 8.1- Región del FIR Centroamericana