

ESCUELA SUPERIOR  
POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD

"INSTALACION DE UN EQUIPO DE NAVEGACION AEREA VOR/DME EN  
PUERTO BAQUERIZO MORENO - SAN CRISTOBAL, PROVINCIA DE  
GALAPAGOS"

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD  
ESPECIALIZACION: ELECTRONICA

Presentada por:

MARIA ALEXANDRA CONTRERAS CORNEJO

GUAYAQUIL - ECUADOR

1989

## AGRADECIMIENTO

Al Dr. Freddy Villao Q., Director de la presente Tesis, por todo el tiempo empleado y la ayuda brindada para culminar este trabajo.

A mis padres, por toda la fe y confianza que desde pequeña me han tenido.

A mi esposo, por ser mi apoyo en todo momento.

A todas aquellas personas que de una u otra manera han aportado conocimientos, experiencia y tiempo para completar mis investigaciones.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

A MI TIA

A MIS HERMANOS

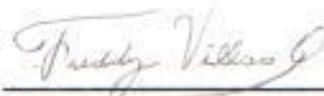
A MI ESPOSO

A MI HIJA POR NACER



Ing. Jorge Flores M.

Presidente



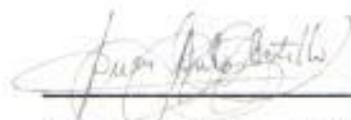
Dr. Ing. Freddy Villao Q.

Director de Tesis



Ing. Pedro Carlo P.

Miembro Principal



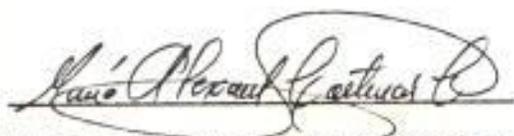
Ing. Juan Carlos Avilés C.

Miembro Principal

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad de los hechos, ideas, doctrinas expuestas en esta Tesis, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL)



MARIA ALEXANDRA CONTRERAS CORNEJO

## RESUMEN

Desde 1987 cuando la compañía aérea SAN inauguró el aeropuerto de San Cristóbal a los vuelos comerciales, se había elaborado un plan de desarrollo de las radioayudas, por medio del cual se instaló un equipo NDB y con el que actualmente opera.

Es por ello que concebí la idea de realizar un estudio de la posibilidad de instalar un equipo VOR/DME y llegué a la conclusión que se hace prioritaria su realización, debido al tráfico existente en la actualidad entre el continente y esta isla, así como por la seguridad que estas aeronaves de gran capacidad deben tener al aterrizar o decolar.

En la presente Tesis se hace referencia a las radioayudas utilizadas a nivel nacional y se habla sobre sus principios básicos. A continuación se hace un estudio de factibilidad en donde se toman consideraciones sobre el terreno en donde se va a efectuar la instalación, las condiciones de seguridad de la estación y el personal responsable de la misma.

Adicionalmente se hace mención de algunas normas y recomendaciones dadas por la OACI, tanto para la elección del equipo, como para su instalación. Luego se da una descripción detallada de los equipos a ser instalados, los cuales ofrecen simplicidad, estabilidad y confiabilidad.

Finalmente se mencionan puntos esenciales para la instalación, mantenimiento, pruebas en tierra y aire de la estación, así como su cronograma de tra-

bajo y costos.

## INDICE GENERAL

Pag.

RESUMEN.....	VI
INDICE GENERAL.....	VIII
INDICE DE FIGURAS.....	XII
INDICE DE TABLAS.....	XVI
INDICE DE ABREVIATURAS.....	XVII
INDICE DE SIMBOLOS.....	XXI
INDICE DE TERMINOLOGIA.....	XXIII
INTRODUCCION.....	XXVII
I. RADIAYUDAS PARA LA NAVEGACION AEREA.....	29
1.1 Sistema de Aproximación por Instrumentos (ILS).....	29
1.2 Radiofaro Omnidireccional de Frecuencia muy Alta (VOR).....	38
1.3 Equipo Medidor de Distancia (DME).....	49
1.4 Detección y Localización por Radio (RADAR).....	56
1.5 Radiofaros No Direccionales (NDB).....	67
1.6 Equipos de Navegación.....	69

II.	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD.....	80
2.1	Operaciones Aéreas en el Aeródromo de San Cristóbal (SEST).....	80
2.1.1	Características.....	80
2.1.2	Instalaciones de navegación existentes.....	80
2.1.3	Facilidades para la navegación.....	81
2.1.4	Aeronaves con tránsito a SEST.....	81
2.2	Determinación de la Ubicación para la Estación VOR/DME en SEST.....	83
2.2.1	Posiciones consideradas.....	84
2.2.2	Calidad del terreno.....	85
2.2.3	Disponibilidad de medios materiales.....	86
2.2.4	Disponibilidad de medios humanos.....	88
2.2.5	Facilidades de transportación y comunicación.....	89
III.	EQUIPOS.....	91
3.1	Especificaciones Relativas a las Radioayudas VOR/DME.....	91
3.1.1	Radiofrecuencia.....	91
3.1.2	Señales moduladas de navegación en el VOR.....	95

3.1.3	Equipo monitor.....	96
3.2	Descripción del Equipo VOR.....	97
3.2.1	Descripción de las unidades del equipo VOR.....	100
3.2.2	Características técnicas.....	114
3.2.3	Instrucción sobre los controles e indicadores del pa nel frontal de las unidades del VOR.....	117
3.3	Descripción del Equipo DME.....	120
3.3.1	Descripción de las unidades del equipo DME.....	122
3.3.2	Características técnicas.....	128
3.3.3	Instrucción sobre los controles e indicadores del pa nel frontal de las unidades del DME.....	132
IV.	INSTALACION, PUESTA EN FUNCIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO DE LA ESTACION VOR/DME.....	138
4.1	Construcción de la Caseta de la Estación.....	138
4.1.1	Instalación de las antenas VOR y DME.....	149
4.1.2	Marcadores para la revisión en tierra.....	152

4.2	Procedimientos Iniciales de Alineamiento de la Estación.....	153
4.2.1	Equipo dual VOR.....	153
4.2.2	Equipo dual DME.....	165
4.3	Mantenimiento de la Caseta de la Estación.....	169
4.3.1	Impresión del registro de la verificación en tierra.....	170
4.3.2	Impresión del registro de errores antena-goniómetro.....	172
4.3.3	Impresión del gráfico de la verificación en tierra.....	175
4.3.4	Tolerancias de los errores de la verificación en tierra.....	175
4.3.5	Procedimientos para la revisión en vuelo o vuelo de inspec- ción.....	177
V.	CRONOGRAMA DE TRABAJO Y COSTO DE LA ESTACION VOR/DME.....	183
5.1	El Cronograma de Trabajo.....	183
5.2	Costo de la Estación VOR/DME.....	186
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	188
	BIBLIOGRAFIA.....	190

## INTRODUCCION

La palabra "radio" significa la emisión de ondas electromagnéticas que transportan información, así como la detección de esas ondas. Dentro de ese significado, aplicaciones por el estilo de telegrafía, telefonía, televisión y toda una serie de ayudas para la navegación se clasifican como radio.

El término "radioayudas" se emplea para denominar todos aquellos sistemas de radio que proporcionan un medio para obtener situaciones con cualquier condición de visibilidad y efectuar una aproximación y aterrizaje seguros.

Sin embargo se debe recordar que esos medios serán tan solo una "ayuda" y que no por ello deberán dejarse de mano los conceptos fundamentales de pilotaje y navegación.

Una ayuda de navegación, el Radiofaro (Banda LF y MF), sirvió a la aviación - mucho tiempo después de la segunda guerra mundial, pero debido a sus limitaciones inherentes a la baja frecuencia utilizada, surgió la necesidad de una ayuda más flexible y fiable, el VOR, adoptado oficialmente por la ICAO en 1960 como ayuda de navegación normal a corta distancia.

El VOR produce teóricamente un número infinito de rutas, carece de estática y no queda afectado por el efecto nocturno, por lo cual se lo puede utilizar a cualquier hora del día. Cuando este sistema está emparejado con el DME, - la información de distancia y rumbo produce situaciones instantáneas.

Con el objeto de brindar un eficiente servicio de control de tránsito aéreo a las aeronaves que vuelan la ruta hacia o desde San Cristóbal (Galápagos) y - facilitar su navegación, se ha visto la necesidad de instalar adicionalmente - del equipo NDB que al momento opera en esta isla, un equipo VOR/DME que garantice, en forma efectiva y confiable, la seguridad y exactitud de la navegación en el sector.

La Organización de Aviación Civil Internacional (ICAO) establece como ayudas de corto alcance al radiofaro omnidireccional VOR del tipo de comparación de fase Cw en los lugares y las rutas donde la intensidad y la poca visibilidad - hace necesario para la navegación su instalación en tierra de modo que ejerza un eficaz control de tránsito aéreo y una operación segura y eficiente de las aeronaves. Para ofrecer un servicio de navegación más exacta se instala en conjunto con el VOR un equipo radiotelemétrico DME.

## CAPITULO I

### RADIOAYUDAS PARA LA NAVEGACION AEREA

#### 1.1 SISTEMA DE APROXIMACION POR INSTRUMENTOS (ILS)

Un sistema de aterrizaje por instrumentos, es un sistema de aproximación altamente preciso, elaborado con la finalidad de posicionar una aeronave en el espacio de manera que ésta pueda ejecutar un aterrizaje seguro cuando se encuentre sometida a condiciones meteorológicas de escasa visibilidad. Esto se consigue ofreciendo información altamente confiable sobre la posición relativa de la pista y de la trayectoria descendente que será recorrida por la aeronave desde sus procedimientos preliminares de aterrizaje.

El ILS se utiliza en estaciones radio-transmisoras instaladas sobre el terreno, responsables no sólo por la emisión de un curso localizador altamente directivo y coincidente con la línea central de la pista, sino también por la formación de un plano electrónico oblicuo a la línea de horizonte el cual contiene una trayectoria de planeo que termina prácticamente en la superficie de la pista, en el área seleccionada como área de toque.

El equipo receptor que se encuentra a bordo de la aeronave traduce estas señales y ofrece una presentación visual de la posición - relativa de la aeronave con respecto a la trayectoria de aproximación prevista.

El sistema completo ILS comprende:

- A. El Localizador (Loc.), que es un curso electrónico elaborado para ofrecer orientación lateral a la aeronave con respecto a la pista seleccionada para el aterrizaje.

Las unidades transmisoras del Loc. están contenidas en una estructura instalada aproximadamente a 300 metros del extremo - final de la pista, con una desviación lateral de 60 metros para evitar que se transforme en un obstáculo susceptible a colisión y las antenas transmisoras se encuentran perpendicularmente e igualmente distribuidas para ambos lados del prolongamiento del eje de la pista. El campo de radiación producido por este conjunto de antenas se proyecta en dirección de los marcadores y producen un diagrama de campo compuesto, el cual consiste en dos bucles que se superponen parcialmente, transmitidos en una sola frecuencia VHF y modulados en AM con tonos diferentes. El bucle de la derecha, tal como el piloto la ve al hacer la aproximación va modulado por una señal de 150 Hz (sector - "azul") y el bucle de la izquierda está modulado por un tono de 90 Hz (sector "amarillo"). Estos dos bucles con sus señales

de 90 y 150 Hz, se sobreponen a lo largo del prolongamiento del eje de la pista de tal forma que sobre ese eje las energías producidas - por las dos señales de audio sean exactamente iguales, definiendo de esa manera el curso del localizador, Fig. 1.1

Normalmente, los transmisores del LOC, utilizan las frecuencias que - parten de 108.0 MHz hasta 111.9 MHz, con los decimales impares. Algunas estaciones VOR emplean la misma banda de frecuencias, pero con los decimales pares. Todos los transmisores localizadores son continuamente modulados por una señal de identificación compuesta por - dos o tres letras codificadas en morse; estas letras pueden ser precedidas de la letra "I" de ILS.

- B. La Trayectoria de Planeo, que también es un curso electrónico elaborado con la finalidad de ofrecer orientación vertical a la aeronave, - de forma que ésta pueda describir una trayectoria descendente, segura, de inclinación conocida y constante.

Las antenas de trayectoria de planeo (G/S) producen verticalmente - un campo de irradiación modulado por la combinación de dos señales de audio: 90 y 150 Hz. Este campo irradiado desarrolla una trayectoria descendente, la cual pertenece al plano vertical que contiene al eje de la pista. El campo está de tal forma distribuido que el tono de 90 Hz predomina la parte superior de la trayectoria y el tono de 150 Hz predomina en la de abajo.

Las estaciones del G/S operan en una de las diversas frecuencias contenidas en el rango que va desde 328.6 MHz a 335.4 MHz. El receptor de la aeronave es automáticamente sintonizado para el canal correcto de UHF cuando la estación localizadora fuera seleccionada por el operador, eliminando de esta manera, la necesidad de modulación de identificación en los transmisores del G/S.

El prolongamiento descendente de la trayectoria de planeo debe cruzar por la referencia ILS a una altura que garantice un descenso sin riesgos por sobre los obstáculos existentes, así como la utilización segura y eficiente de la pista de servicio.

Existen en la actualidad tres tipos de G/S que pueden ser empleados de acuerdo con la necesidad de instalación elegida de conformidad con la topografía y la calidad del terreno: referencia de nulo, que es la instalación patrón si las condiciones del terreno lo permiten; referencia de bandas laterales, que tiene como característica la instalación de sus antenas en alturas más bajas que la configuración anterior y el efecto de captura, desarrollado para uso de aeropuertos cuyas pistas presentan discontinuidades en sus extremos de aproximación, Fig. 1.2

- C. Los Marcadores, que tienen la responsabilidad de ofrecer a la aeronave que está en el curso del localizador, la información de cuánto ésta se encuentra desviada de la cabecera de la pista en uso. - La localización de cada uno de los marcadores existentes, se encuentra perfectamente indicada en todas las cartas de aproxima

ción por instrumentos.

El diagrama de irradiación producido por la antena del marcador es - dirigido hacia arriba, en la dirección vertical de su posición. Sobre volando un marcador ILS, se percibe que su diagrama de radiación horizontal es elíptico, con su eje mayor perpendicular al eje de la pista. Esto favorece la recepción de las señales de un marcador por - una aeronave que esté considerablemente desviada del curso exacto del localizador. Son instalados a distancias apropiadas de la cabecera de la pista y el ILS normalmente entrega dos marcadores en el - curso frontal del localizador: el marcador externo (OM) y el marcador medio (MM). El marcador externo es el más desviado de la pista y se lo identifica por una serie de trazos transmitidos a razón de dos trazos por segundo, modulados por una señal de audio de 400 Hz.

El marcador externo al ser instalado debe proporcionar a la aeronave verificaciones de operacionalidad de sus equipamientos, su altura y distancia durante la aproximación intermedia y final. El marcador medio debe ser instalado de forma que indique la inminencia, bajo - condiciones de escasa visibilidad, de los auxilios visuales de aproximación. Normalmente el MM intercepta la trayectoria de planeo a una altura de 200 pies y se lo identifica por una serie alternada de puntos y trazos, modulados por una señal de 1300 Hz.

El marcador interno (IM), cuando es utilizado, deberá ser instalado - de modo de que en condiciones de escasa visibilidad indique la inmi-

nente proximidad de la cabecera de la pista y se lo identifica por una serie de puntos continuos, modulados por una señal de 3000 MHz.

Todos los marcadores del ILS operan en 75 MHz, diferenciados por sus señales de identificación. El receptor de a bordo recibe todos los marcadores (del ILS y otros) en el mismo canal porque es pre-sintonizado en 75 MHz, Fig. 1.3

A este sistema se asocian otros elementos con el objeto de mejorar su desempeño y su seguridad, tales como:

A. El Radiofaro Localizador, que es un radiofaro no direccional (NDB) cuya finalidad es la de asistir al piloto en los procedimientos de espera y ayuda en la obtención del curso localizador. Se lo utiliza como ayuda para la aproximación intermedia y final. Cuando son empleados como complemento del ILS deben ser instalados junto a los marcadores externo e intermedio, pero de existir solamente un radiofaro, éste deberá estar junto al marcador externo. Pueden operar en las frecuencias asignadas dentro de la banda que va desde 200 a 400 KHz, teniendo en cuenta que cuando sean utilizados dos localizadores, la diferencia de frecuencias entre sus portadoras no debe ser menor que 15 KHz y no mayor que 25 KHz, a fin de que se pueda variar rápidamente la sintonía del receptor de a bordo.

B. Luces de Aproximación, que ofrecen orientación visual en dirección a la pista cuando una aeronave está sometida a condiciones de baja-

visibilidad.

- C. El Equipo de Radio de Medida de Distancia (DME), que puede ser instalado en la misma área que se encuentran los transmisores de trayectoria de planeo, continuamente ofrece las informaciones de distancia en relación al punto de toque de la aeronave con la pista. Cuando una instalación de marcadores fuera impracticable, una instalación DME convenientemente localizada puede ser una alternativa para la sustitución de una parte o de todos los marcadores del ILS, situación que deberá fortalecer y ofrecer información de distancia operativamente equivalente a la ofrecida por los marcadores. Las frecuencias del DME están en el rango de 969 a 1215 MHz.
- D. El Radar de Aproximación de Precisión (PAR), planificado para operar en terminales de gran tráfico aéreo, con la finalidad de monitorear la aproximación de las aeronaves que estén utilizando el sistema.

La pista de aterrizaje servida por un ILS o por el PAR se llama pista con instrumento de precisión, Fig. 1.4

## 1.2 RADIOFARO OMNIDIRECCIONAL DE FRECUENCIA MUY ALTA (VOR)

El VOR es una ayuda a la navegación aérea que suministra información de acímut relativa al norte magnético, permitiendo al piloto de la aeronave, determinar su posición, orientarse en ruta y ejecutar procedimientos

de descenso en aeropuertos. La información de acimut relativo es detectada e interpretada en la aeronave en el receptor a bordo y de sus instrumentos asociados, Fig. 1.5

El VOR es parte del sistema de navegación "RHO-THETA", que posibilita al piloto determinar la posición de su aeronave en base de dos parámetros: "RHO" (distancia de la estación) suministrada por la estación DME; y "THETA" (acimut relativo al norte magnético) suministrada por la estación VOR, Fig. 1.6

El radiofaro VOR funciona en la banda de frecuencias de 108 a 118 MHz. La frecuencia asignada a cada uno de ellos se denomina canal y la separación entre canales adyacentes es de por lo menos 50 KHz. A estas frecuencias la propagación es prácticamente en línea recta o también línea de vista, que tiene su inconveniente y limitación por la curvatura de la tierra en función de la altura del avión. Este alcance puede calcularse con ayuda de la figura 1.7, siendo R el radio de la tierra, D el alcance y H la altura sobre el borde; entonces,

$R^2 + D^2 = (R+H)^2 = R^2 + H^2 + 2RH$  pero si H es menor que R, se despreja  $H^2$   
 por tanto:  $D = 2RH = 113H$ ; para D y H en Kilómetros.

En la práctica, sin embargo, el alcance es mucho mayor que el teórico y es función de la potencia debido a la curvatura de la onda emitida que tiene alguna tendencia a seguir la discontinuidad dieléctrica entre la tierra y el aire, formando una onda terrestre guiada. La relación prác-

tica entre la potencia emitida expresada en dB/w, distancia alcanzada - con el campo mínimo y altura, viene dada por la figura 1.8.

El VOR emite dos señales de navegación que proporcionan al avión la información de su marcación, una de ellas variando en fase de grado en grado con relación al acimut, y la otra cuya fase no varía. La señal cuya fase es fija se denomina señal de referencia y la otra se denomina señal variable, siendo la cantidad en grados que la variable está atrasada de la referencia llamada radial. Además el VOR transmite un tono de identificación en código morse de 1020 HZ, Fig. 1.9

La señal de referencia es una transmisión de onda continua omnidireccional en la frecuencia asignada a la estación. 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. Como se observa en la figura 1.10, 1.11A y 1.11B, el patrón de fase producido es independiente de la orientación del avión respecto a la estación.

La señal variable se transmite también con la frecuencia de la estación y el patrón radiado produce un gráfico polar octoide rotativo. El cambio de fase de un grado eléctrico se produce para cada cambio de  $1^\circ$  de acimut en torno a la estación.

Una señal sinusoidal puede ser dividida en grados a partir de un punto de referencia. Para el VOR el punto escogido para la posición de  $0^\circ$  es

el norte magnético y corresponde a la mayor amplitud de la señal sinusoidal en la excursión positiva, Fig. 1.12

Combinando la señal de referencia con la direccional, se obtiene una curva cardiode giratoria con la característica que en el VOR carece de punto cero; de ahí que se le denomina caracol. Esta ausencia de cero se arregla en el transmisor ajustando la razón de potencia entre las señales de referencia y variable. La intensidad de campo resultante se encuentra en las razones 4:1:4:7 en los cuatro puntos cardinales, Fig. 1.13. La comparación de fase entre dos señales sinusoidales como la presentada en la figura 1.14, utiliza las propiedades de los fasores, y puede ser estudiado en un diagrama en función del tiempo. Comparándose los valores máximos de las señales sinusoidales y el tiempo recorrido entre el surgimiento de estos valores, ese intervalo de atraso de tiempo puede ser transformado en grados de atraso, evidenciando esa diferencia y tornándose posible su lectura en instrumentos. Los equipamientos VOR tanto en tierra como a bordo, utilizan instrumentos denominados comparadores de fase para extraer esa diferencia de fase entre las dos señales, y suministrar la información de los indicadores respectivos.

Está especificado que un VOR será considerado satisfactorio si suministra indicaciones confiables en un radio de 50 millas alrededor y a una altura mínima de reglamento en vuelo por instrumentos. El alcance aumenta con el incremento de altitud, dadas las características direccionales de la propagación de las ondas electromagnéticas en esa banda de frecuencias. La recepción a altitudes superiores está limitada por la

interferencia con otras estaciones VOR distantes que por las características reales de propagación, Fig. 1.16

### 1.3 EQUIPO MEDIDOR DE DISTANCIA (DME)

El DME es un sistema de navegación UHF que continuamente proporciona información de distancia, en línea recta, entre una aeronave y una estación terrestre. En la aeronave esta distancia es dada directamente en un visor digital.

El sistema consiste en un transmisor/receptor (interrogador) ubicado en la aeronave y un receptor/transmisor (transponder) ubicado en tierra. El principio básico consiste en que el interrogador transmite pulsos de interrogación al transpondedor, el cual disparará pulsos de respuesta al interrogador, Fig. 1.17

Los principales factores que influyen en el alcance máximo de información de distancia en una aeronave, son la altura de ella en el momento de obtener información, la potencia de transmisión y la sensibilidad de recepción, ambas, tanto para la aeronave como para el equipo en tierra. Un máximo de 100 aeronaves pueden recibir información de distancia al mismo tiempo, desde un transpondedor común, Fig. 1.18

El DME opera en la banda L, desde 962 a 1214 MHz, la cual está dividida en 126 canales para respuesta, tal como indica la figura 1.19. Siempre -

hay una diferencia en frecuencia de  $\pm 63$  MHz entre interrogaciones y respuestas. Cada frecuencia o canal, está apareado con una frecuencia VHF, en la banda de 108 a 118 MHz, que corresponden al ILS o al VOR abriendo la posibilidad que el DME pueda estar apareado con alguna de estas dos estaciones y habilitarse como una sola estación. El piloto solamente sintoniza la correspondiente radioayuda VHF y recibe la información correspondiente, más la información de distancia.

El principio de información de distancia consiste en que el interrogador envíe pulsos de interrogación al transpondedor, el cual posee un circuito de demora (demora principal) de 50 useg., al que se conoce con el nombre de SYSTEM DELAY. Los pulsos de interrogación excitan al transpondedor, el cual empieza a preparar las respuestas y cuando están listas viajan al Interrogador, el cual le resta los 50 useg. en tiempo, calibra el tiempo total a su valor medio, ya que la información deseada es la distancia en línea recta desde la antena del avión a la antena del equipo terrestre, Fig. 1.20

Los pulsos directos emitidos por la aeronave pueden ser también reflejados en el terreno, construcciones, etc., lo que traduce en una demora de los pulsos con respecto a los directos, y pueden ser aceptados por transpondedor y dispararlo para que dé una respuesta. A estos pulsos se los conoce como eco, Fig 1.21

Estos pulsos de respuesta originados desde pulsos de eco, pueden ser aceptados como interrogaciones verdaderas y causar un enganche falso

que se traduce en error de varias millas náuticas.

#### 1.4 DETECCION Y LOCALIZACION POR RADIO (RADAR)

El RADAR es un sistema que permite determinar distancias mediante la medición del tiempo que transcurre entre la emisión y el regreso de una señal electromagnética que ha sido reflejada como un eco o bien puede retransmitirse por un transceptor activado por la señal original. El transceptor genera una señal de una frecuencia adecuada. Con este dispositivo también pueden obtenerse demarcaciones.

El principio del radar, es un principio de reflexión o eco, donde el alcance es medido indirectamente como función del tiempo total transcurrido entre la transmisión y la recepción del eco. Las frecuencias usadas en el radar van desde VHF en adelante. Las razones de la elección de las frecuencias más altas son: están libres del ruido exterior y de la dispersión atmosférica; funcionamiento más eficaz con haces más estrechos; se obtienen impulsos más cortos y hay mayor eficacia en la reflexión producida por un objeto.

Los sistemas RADAR funcionan según una gran variedad de técnicas, dos de ellas son la técnica de onda continua y la técnica de impulsos.

El radar de onda continua, tiene la característica de que tanto la transmisión como la recepción se llevan a cabo de modo continuo por lo

que se hace necesario el empleo de dos antenas: una para transmisión y otra para la recepción. La forma más simple de radar CW es el radar Doppler, en el cual se puede usar una onda continua sin modular aprovechando el efecto doppler, caso en el que cualquier objeto reflector moviéndose en la dirección de la antena o alejándose, hacen retornar ecos de frecuencia ligeramente diferentes a la frecuencia transmitida debido a ese efecto. La frecuencia recibida puede ser entonces comparada con la frecuencia transmitida y la diferencia será la medida de la velocidad del blanco. Si el blanco está en reposo entonces la diferencia es cero y por lo tanto el blanco no será detectado.

El radar de impulsos, en cambio, implica la transmisión de energía, no ya en forma de CW, sino de descargas breves y donde cada descarga de esta onda continua se conforma adecuadamente y se radia en un impulso. - Entre los radares que utilizan esta técnica de impulsos tenemos:

- A. El Radar Primario, cuyo principio de funcionamiento es muy similar al fenómeno de eco observado en las ondas sonoras, las cuales a una velocidad de 340 m/s viajan hasta alcanzar alguna superficie reflectora y volver reflejadas a su punto de origen, pero el radar primario en vez de onda sonora transmite una onda de radio extremadamente alta, la cual es recibida después de haber sido reflejada por algún objeto, por el mismo equipo.

El radar primario consta de la siguientes partes:

- a.1 El Sincronizador, el cual asegura que todos los circuitos del ra-

dar se encuentren en una relación precisa de tiempo entre ellos. Asegura que el lapso de tiempo entre dos impulsos sea adecuado y proporciona impulsos de baja potencia para activar al modulador y al indicador.

- a.2 El Modulador, controlado y activado por el sincronizador, trabaja como un interruptor que activa y desactiva el transmisor, condiciona la forma y duración del impulso y alimenta con impulsos periódicos al transmisor.
- a.3 El Transmisor, produce impulsos de alta frecuencia y alta potencia, la duración de los cuales varía entre una fracción de un microsegundo a varios microsegundos. Para producir esta alta frecuencia y potencia, se usa un tipo especial de tubo en lugar del triodo, que puede ser un magnetrón o un klystron, dependiendo de la longitud de onda y potencia de salida usada por el radar en cuestión.
- a.4 La Antena, posee alta direccionalidad, la que se obtiene, principalmente, utilizando reflectores parabólicos. Normalmente un radar usa la misma antena para transmisión como para recepción.

Fig. 1.22

- a.5 El sistema T-R, es un dispositivo interruptor necesario cuando se usa una sola antena para transmisión y recepción. El sistema T-R conecta la antena al transmisor cuando se envían los im

pulsos y al mismo tiempo desconecta al receptor, protegiéndolo de la alta potencia de los impulsos. Cuando la antena está recibiendo energía reflejada, el sistema T-R la conectará al receptor y evitará que la energía reflejada se pierda en el transmisor.

- a.6 El Receptor, cumple con la función de amplificar la energía reflejada y convertirla en impulsos de video (ecos) los que serán enviados al indicador.
- a.7 El Indicador convierte los impulsos de video en señales luminosas y presenta la información en forma deseada sobre la pantalla. Información adicional, tal como marcadores de distancias, mapa video y barrido, puede ser necesaria y se puede presentar en la forma deseada.

Toda esta información debe ser sincronizada con los otros componentes de un sistema radar y por lo tanto el indicador también está conectado al sincronizador. Si se quiere presentar la información de acimut en el indicador, se lo puede conseguir a través del "Angle Data Link", el cual consiste en un servomecanismo que acopla la posición y velocidad de la antena con las bobinas de desviación del indicador.

Hay varios tipos de indicadores, como: Indicador tipo A, Indicador tipo B e indicador tipo PPI, de los cuales el último es el tipo de presentación utilizado en ATC, el cual presenta un plano

de las posiciones de todos los blancos que estén dentro del área circular cuyo centro es la posición del observador, Fig. 1.23

- B. El Radar Secundario es un sistema en el cual se transmite una señal de radio desde la estación radar, la que inicia una señal de radio de otra estación. Se denomina radar de vigilancia (SSR), al sistema de radar secundario que utiliza transmisores/receptores terrestres (interrogadores) y respondedores a bordo de las aeronaves (transponder), conforme a las especificaciones desarrolladas por la OACI.

Todos los sistemas SSR tienen cuatro componentes principales, todos los cuales deben estar operando para que el sistema pueda ser utilizado en forma plena. Estos componentes son:

- b.1 El Interrogador, el cual se compone de un sistema de antenas, uno o varios transmisores y receptores, y un equipo procesador de video. Las interrogaciones se efectúan en una frecuencia de 1030 MHz y el receptor terrestre opera en 1090 MHz. La polarización de la radiofrecuencia es predominantemente vertical. La transmisión puede ser omnidireccional como el DME o dirigido a un objeto dado, Fig. 1.24
- b.2 El Plot Extractor, por el cual pasan las respuestas del respondedor y son convertidas en forma digital para facilitar la transmisión al sistema de presentación, Fig. 1.25

El Extractor rechaza las respuestas no sincronizadas y para las demás agrega los datos de los blancos (acimut y distancia), la clave y la altura en un solo mensaje (informe de objetivo) en forma digital. Construye un informe por cada objetivo durante cada revolución de antena y lo manda al procesador de pantalla.

- b.3 El Respondedor (Transponder), es el equipo a bordo y consiste en una antena, un receptor, una unidad procesadora (decodificador-codificador), un transmisor y un panel de control. El equipo recibe en 1030 MHz, amplifica y procesa la señal recibida y transmite respuestas en 1090 MHz.
- b.4 El Sistema de Presentación, está formado por un procesador de pantallas y las pantallas radar. El procesador incorpora una computadora que convierte los informes de objetivo recibido en serie desde el Plot Extractor en una forma adecuada para su presentación en las pantallas. Además permite entrar mensajes y mandos en el sistema para una presentación específica adaptada en los requisitos de cada controlador, y acciones relacionadas con el ejercicio de control de tránsito aéreo, Fig. 1.26, 1.27

El SSR difiere del Radar Primario en que el respondedor se encuentra a bordo de la aeronave. Por esto, si no hay un respondedor a bordo o si hay pero no funciona, el sistema SSR no funcionará respecto a esa aeronave. Un SSR es capaz de independientemente, sin embargo, en la mayo

ría de los casos, operar y encontrarse acoplado a una estación de radar primario para proveer a este último con un retorno libre de clutter (eco parásito), además de permitir la verificación mutua de la operación de los dos radares en cuanto a posición y acímut.

Para poder lograr una presentación común, los dos sistemas están sincronizados en alcance y acímut. Normalmente, el sincronizador de radar primario también envía una señal al generador de impulsos de modo GJM del SSR, el que a su vez activa al transmisor, Fig 1.28

## 1.5 RADIOFAROS NO DIRECCIONALES (NDB)

Este sistema está conformado por dos equipos ubicados en tierra, que genera una señal en forma omnidireccional en la banda LF/MF.

La señal emitida en radiofrecuencia es modulada en amplitud por determinados intervalos de tiempo, lo cual rige de acuerdo al código morse. Mediante esta modulación AM de la onda de radiofrecuencia por parte de una señal de audio (1020 Hz ó 400 Hz) en forma periódica, el piloto podrá identificar la estación que está recepcionando, por lo que la señal de audio se denomina tono de identificación. Cada estación terrestre tiene su respectiva identificación y su frecuencia de operación.

La cobertura del NDB es variable y depende de la función que va a cumplir. Existen tres tipos de NDB:

- A. NDB Localizadores, los cuales son equipos normalmente ubicados como suplementos del ILS y están situados en los lugares de los marcadores exteriores y medios de este último sistema. Su identificación se realiza por medio de un grupo de dos o tres letras en morse y se efectúa por manipulación "si-no" del tono modulado en AM.
  
- B. NDB de Aproximación y Retención, ubicados en las proximidades de los aeródromos como ayudas de aproximación y mantenimientos. El método de identificación es similar al del NDB Localizador.
  
- C. NDB de Ruta y Larga Distancia, ubicados a lo largo de las aerovías utilizadas por los aviones proporcionando cobertura en ruta a lo largo de éstas y un elemento de orientación de larga distancia para seguimientos oceánicos y operaciones similares. La identificación se efectúa mediante la manipulación e interrupción de la portadora y el NDB se identifica por lo menos cada minuto.

La señal emitida desde la estación terrestre es captada por el avión e interpretada por el piloto por un sistema a bordo que capta la señal e identifica su dirección.

## 1.6 EQUIPOS DE NAVEGACION

Entre los diferentes equipos de navegación disponibles en los aviones actuales, tenemos:

#### A. Receptores de navegación VHF y OBI

El objetivo del receptor VHF es recibir las señales de los VOR y traducirlas en un indicador en la cabina que, cuando es interpretado correctamente por el piloto, señalará la dirección con respecto al VOR de la posición actual de la aeronave. Este indicador en la cabina, denominado generalmente como indicador omnidireccional (OBI) no se ve afectado por la dirección de vuelo con respecto a la estación. Este receptor y todos los OBI están diseñados para recibir y presentar no sólo la información procedente de los VOR, sino también la de los localizadores. Un localizador es un haz direccional cuya frecuencia al ser sintonizada por el receptor, el OBS que dará inoperativo y el indicador de desviación de ruta (CDI) reaccionará cuando el avión pase por cualquier parte del área cubierta por el localizador. Cuando el aparato esté en la línea central del localizador, el CDI quedará centrado; cuando quede a uno u otro la línea central, el CDI quedará desplazado respecto al centro en la dirección hacia la cual se debe volar al objeto de interceptar la línea central, Fig. 1.29, Fig 1.30

#### B. Los Receptores DME

El equipo DME es una de las mejores ayudas, ya que añade un grado considerable de precisión a los demás equipos de navegación. Los DME se denominan equipos de impulsos ya que, al igual que el radar, transmiten señales de impulsos a una estación en tierra, la cual las devuelve de nuevo al avión. Midiendo el tiempo que emplea cada im

pulso en hacer el recorrido completo, el sistema es capaz de conocer la distancia a la que se encuentra el avión de la estación. Si se mide la rapidez con que cambia esta distancia cuando el avión vuela directamente, a o desde dicha estación, puede conocerse la velocidad sobre el suelo. La mayoría de los DME están preparados para proporcionar la distancia a la estación en millas náuticas, la velocidad sobre el suelo en nudos y el tiempo en minutos a la estación, suponiendo que no se produzcan cambios en la velocidad respecto al suelo. Algunos equipos proporcionan únicamente uno de estos parámetros a la vez, mientras que otros están diseñados para presentar varios o todos los datos simultáneamente.

Los DME siempre se instalan en conjunción con otras ayudas a la navegación tales como VOR, formando estaciones conocidas como VOR/DME, Fig. 1.31A, Fig. 1.31B

### C. EQUIPO ADF

Los equipos ADF son probablemente los tipos más antiguos de navegación electrónica y, aunque hoy en día se han visto relegados a un segundo plano, siguen resultando muy útiles. El ADF presenta la dirección de la estación con relación al morro del avión. Existen dos tipos básicos de ADF: uno tiene una rosa de rumbos fija en el cual el cero coincide siempre con el símbolo fijo del morro del avión y, el otro, que tiene una rosa de rumbos que puede ser movida por el piloto para colocar el rumbo con el que está vo

lando bajo el índice superior. Este último es bastante más sencillo de utilizar, ya que evita al piloto una serie de cálculos mentales sobre lo que significa la deflexión de la aguja, con respecto a la ruta que va desde el avión hasta la estación, Fig 1.32

La mayoría de las veces el piloto VFR utilizará su ADF para volar hacia una estación y saber cuándo la sobrevuela. Cuando se sintoniza esta ayuda, la aguja indicará hacia la estación transmisora y el piloto puede navegar hacia ella manteniendo simplemente la aguja justo debajo del símbolo del morro del avión, y si esa estación es nuestro destino o punto de notificación, la suposición lógica sería alinear la aguja con el morro del avión, y continuar así hasta que la aguja gire  $180^\circ$ , lo cual indicará que estamos sobrevolando la estación, Fig 1.33

Cuando se vuela desde la estación, la aguja indicará directamente hacia la cola del avión, independientemente de la dirección en que éste vuele al alejarse de la estación. Para estos casos, se debe volar según un rumbo, utilizando la aguja para comprobar si hay viento cruzado que desvíe la ruta, Fig. 1.34

#### D. EL Equipo HSI

Los indicadores de situación horizontal (HSI) son, de hecho una versión más sofisticada de un OBI. El HSI consta de un direccional giroscópico, una pínula indicadora de rumbos, un CDI, un indica

dor TO/FROM y un símbolo de avión, más un indicador de senda de senda de planeo, Fig. 1.35

El DG es como cualquier otro instrumento de vacío con una rosa de rumbos giratoria que, cuando se relaciona con el símbolo del avión fijo en el centro, indica la dirección que está apuntando el morro del avión y el problema de la precesión queda corregido automáticamente mediante un transmisor magnético de acimut, denominado telebrújula. Este es un instrumento que se sitúa en el avión en una zona libre de perturbaciones magnéticas. Determinada la alineación del avión con respecto al campo magnético terrestre, se envía la información al DG, haciéndole alinearse constantemente con el norte magnético.

La pínula indicadora de rumbos es movida manualmente por el piloto y tiene por misión recordarle cuál es el rumbo deseado. Puede acoplarse a un piloto automático que disponga de un modo para mantener un rumbo, el cual una vez conectado hará las correcciones oportunas para mantener la pínula enfrentada con el morro.

El CDI ejecuta la misma función realizada normalmente por el CDI en los OBI. La aguja indica la posición del avión con respecto a un radial o ruta de un VDR seleccionado. Esta presentación, una vez entendida, es más fácil y rápida de interpretar. El CDI consta de una flecha con una sección central móvil. Girando el selector de rutas, puede seleccionarse cualquier radial o ruta de una esta

ción. Si al hacerlo, la sección central se desplaza hacia la izquierda, significa que el avión está a la derecha de la ruta o radial y debe virarse a la izquierda al objeto de interceptarla. Si la sección central se desplaza hacia la derecha ocurre lo contrario. Relacionando el símbolo fijo del avión en la sección central - móvil de la flecha, nunca puede tenerse duda sobre las correcciones apropiadas.

El indicador TO/FROM, nos indica respecto a la ruta seleccionada - si el avión se está acercando o alejando del VOR. Finalmente, la información cuando se ha interceptado un G/S del ILS es proporcionada por el indicador de senda de planeo. Cuando el indicador está arriba de la posición central significa que el avión está volando debajo de la señal del G/S por lo que debe subir hasta interceptarla. Cuando el indicador está debajo de la posición central ocurre lo contrario, Fig. 1.36

## CAPITULO II

### ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

#### 2.1 OPERACIONES AEREAS EN EL AERODROMO DE SAN CRISTOBAL (SEST)

##### 2.1.1 Características

Nombre del Aeródromo:	San Cristóbal
Elevación (pies):	58.2
Horas de Operación:	HJ
Tipo de Aeródromo:	Mixto (civil/militar)
Dimensiones (metros):	1900 x 20
Número de Pista:	16/34
Pendiente:	0.32%
Superficie:	Pavimento flexible

##### 2.1.2 Instalaciones de Navegación Existentes

Servicio:	NDB
Tipo de Emisión:	A0/A2
Horas de Operación:	O/R

### 2.1.3 Facilidades para la Navegación

En general, existen para la navegación de las aeronaves, rutas o aerovías dispuestas en forma de corredor y equipadas con radioayudas que se utilizan para dirigirse hacia o desde un punto específico. Para las aeronaves que se dirigen a Galápagos, existe la ruta Uu2 que dispone de las siguientes radioayudas: VOR/DME de Salinas, VOR/DME de Baltra, NDB de Baltra y el NDB de San Cristóbal. La aerovía Uu2 se inicia en Guayaquil, pasa sobre el VOR/DME de Salinas y finaliza en el VOR/DME de Baltra. Para las aeronaves que se dirijan a San Cristóbal se implementó la ruta Fu19 desde la posición Iguana hasta el radiofaro de SEST, con una extensión de 108 MN, Fig. 2.1

### 2.1.4 Aeronaves con tránsito a SEST

En SEST podemos diferenciar dos clases de tránsito, el permanente y el eventual. Entre las aeronaves con tránsito permanente tenemos al SAN Boeing 727 que realiza vuelos los días lunes, miércoles y sábados, con una capacidad de aproximadamente 120 pasajeros; el Hércules de FAE que vuela los sábados, con una capacidad de pasajeros, en su mayoría colonos, de 100 aproximadamente. En el tránsito eventual tenemos aeronaves que realizan pruebas o aterrizajes en SEST tales como el ANE C500, FAE DHS, - SPAR C12, FAE L188 y en caso de reparación de la pista de Baltra tenemos al TAME que realiza vuelos de lunes a sábado.

El tránsito que existe actualmente en SEST es:

SAN B727	12 veces al mes
FAE C130	4 veces al mes
ECT CN235	pruebas y/o maniobras
FAE L188	eventualmente
SPAR C12	eventualmente
FAE DHS	vuelos de inspección
ANE C500	a solicitud

## 2.2 DETERMINACION DE LA UBICACION PARA LA ESTACION VOR/DME EN SEST

El aeródromo de San Cristóbal se encuentra en Puerto Baquerizo Moreno y cuenta con un área de 78.242 Has. Opera con dos pistas: la pista 16 a 150 metros de la playa frente a la Base Naval (II Zona Naval), y la pista 34, a 600 metros de la playa frente a la Lobería. El edificio terminal se encuentra junto a la plataforma y junto a él están la Torre de Control y el Centro de Comunicaciones. Frente al edificio, atravesando la pista de aterrizaje, tenemos una playa cerca del antiguo cementerio, a 1 Km. de distancia.

Las elevaciones de SEST son relativamente bajas, así es como en la región nororiental, éstas no pasan de 150 metros. La elevación más alta se encuentra en la parte occidental a 8 Km. de Puerto Baquerizo Moreno, con 700 metros de altura y algunos conos pequeños en sus flancos. El terreno en las cercanías del aeródromo es plano, a excepción de una elevación (Cerro Quemado) en cuya base está situada una cantera -

de donde se obtiene material para lastrado.

### 2.2.1 Posiciones Consideradas

Para la elección del lugar idóneo en el cual se va a instalar la estación hay que tener en cuenta varios puntos:

- A. La estación debe estar en la parte más alta del terreno de las cercanías del aeródromo a fin de obtener la mayor línea visual posible y debiera estar a nivel o en declive respecto éste (una pendiente descendente no mayor al 4%) hasta una distancia de por lo menos 300 metros y de preferencia 600 metros.
- B. Debe estar lo más alejada posible de las líneas y cercas cuya altura no debe substender un ángulo vertical superior a los  $1.5^\circ$  ni extenderse más de  $0.5^\circ$  por encima de la horizontal, medidos desde el sistema de antenas.
- C. Los árboles aislados de tamaño moderado de hasta 9 metros de altura se pueden tolerar a más de 150 metros de la estación.
- D. Ninguna construcción debiera substender un ángulo vertical superior a  $1.2^\circ$  o estar a menos de 150 metros de la estación.

- E. Debe existir facilidad de acceso a la estación, tanto para mantenimiento de los equipos como para la vigilancia de la misma.

De acuerdo con los puntos citados, los lugares que ofrecen las mayores condiciones para la instalación de la estación VOR/DME son:

- A. La Zona A localizada en el área de la Torre de Control, y
- B. La Zona B localizada frente al terminal, cruzando la pista.

La zona A ofrece para la instalación una facilidad de acceso para el personal técnico así como vigilancia permanente. El único obstáculo sería el Cerro Quemado situado a 400 metros de la Torre pero si se considera el hecho de que al momento es utilizado para sacar material para lastrado, se puede asumir que este cerro desaparecerá en un determinado tiempo.

La zona B nos ofrece la posibilidad de ubicar la estación con una mayor línea de vista. Por eso, se debe adecuar una vía de acceso que permita llegar a la estación y adecuar el terreno para la instalación.

## 2.2.2 Calidad del Terreno

El terreno en la zona A como en la zona B está cubierto por rocas volcánicas muy fragmentadas y distribuidas en forma regularmente densa, lo cual permite ver en los espacios no cubiertos por las mismas, la presencia de material terrígeno. Debido a la cantidad de material rocoso se hará necesario la utilización de un tractor y herramientas de aire comprimido para la limpieza y despeje de este material rocoso en las zonas requeridas.

La vegetación que cubren estos terrenos es más o menos densa y pertenecen a la clasificación ecológica denominada Monte Espinoso Tropical (Me-T) en la que predominan arbustos y plantas de tipo espinosas. Estos terrenos son propiedad de la II Zona Naval y por ello cualquier instalación en proyecto debe ser tramitada su respectiva autorización.

Fig. 2.2

### 2.2.3 Disponibilidad de Medios Materiales

En lo referente a los medios materiales, las dos zonas consideradas están en el área del aeropuerto, el cual dispone de lo siguiente:

- A. Una cisterna ubicada en el terminal, la cual provee de agua tanto al personal que labora en el aeropuerto como al usuario del terminal.

- B. Servicio de luz eléctrica suministrada por INECEL de Puerto Baquerizo Moreno desde las 06.00HL hasta las 24.00HL.
- C. Dos depósitos de combustible ubicados a un costado de la plataforma. El combustible es obtenido del continente por falta de combustible propio.
- D. Piedra y arena como únicos materiales de construcción, siendo necesario transportar desde el continente el resto del material para la instalación.
- E. Víveres para la alimentación, obtenidos en Puerto Baquerizo - Moreno.

#### 2.2.4 Disponibilidad de Medios Humanos

El elemento humano que dispone Puerto Baquerizo Moreno para la construcción son principalmente los albañiles así como peones y ayudantes.

En lo referente al control del sistema, es necesaria la vigilancia de la estación para seguridad y funcionamiento ininterrumpido de los equipos. La estación se alimentará de la energía suministrada por la red principal de INECEL pero se le adecuará previamente estabilizadores de voltajes para compensar las variaciones de voltaje de la red.

Para que la estación siga funcionando en caso de falla de energía sería necesario una planta eléctrica de transferencia automática. Si la transferencia no se realizara, la estación debe enviar una señal de alerta para que un personal encargado investigue la causa del problema.

Los equipos de la estación deben estar siempre monitoreados para detectar de manera remota alarmas del sistema por el personal encargado, que no necesitaría residir en la estación, facilitando de esta manera su control.

El aeropuerto de SEST cuenta en la actualidad con 1 controlador de tránsito aéreo, 2 bomberos, 1 técnico de pista, 1 meteorólogo y varios operadores de equipos de comunicación que residen en el aeropuerto y por tanto pueden encargarse de la vigilancia y control de la estación.

Para que el sistema opere con una alta confiabilidad es necesario mantenimiento preventivo en períodos cortos y cuando se produzcan fallas en el sistema, el personal del aeropuerto reportará al continente, para que personal técnico especializado se traslade a Galápagos.

#### 2.2.5 Facilidades de Transportación y Comunicación

El aeropuerto dispone para transportar al personal Jeeps, camión

netas y carros de bomberos. Los Jeep y las camionetas pueden utilizarse también para transportar equipos y para el transporte de los materiales de construcción se solicitaría las volquetas y los camiones utilizados por el Ministerio de OO.PP.

Para las comunicaciones, el aeropuerto de SEST dispone de equipos HF, VHF y Walky Talky. Los equipos HF se usan para comunicarse con las otras islas, el continente y con las aeronaves a grandes alturas. El equipo VHF se utiliza para las comunicaciones con las aeronaves que están en área de aproximación y los W/T se utilizan para las comunicaciones entre el personal aeroportuario.

Adicionalmente, el IETEL ha decidido incluir con la estación Terrena de Guayaquil a la estación terrena para tráfico satelital de telefonía y posiblemente de TV con las Islas Galápagos a ser instalados en Puerto Baquerizo Moreno. Esta decisión del Gobierno Nacional y del IETEL permitirá que la región insular se integre a los Sistemas Nacionales e Internacionales de Telecomunicaciones en forma eficiente y confiable, lográndose de esta manera que las fronteras de nuestra Patria sean cada día más accesibles.

### CAPITULO III

#### EQUIPOS

### 3.1 ESPECIFICACIONES RELATIVAS A LAS RADIOAYUDAS VOR/DME

#### 3.1.1 Radiofrecuencia

El VOR trabajará en la banda de 111.975 MHz a 117.975 MHz, pero pueden usar las frecuencias en la banda de 108 a 111.975 MHz a condición que terminen bien en décimas pares o en décimas pares más una vigésima de megahertzio y que en el caso de que esté instalado un sistema ILS, no se le ocasione interferencia perjudicial de canal adyacente.

Cuando se combinen las funciones de un VOR y un DME a fin que constituyan una sola instalación, pueden considerarse asociadas - si cumplen con:

- A. Funcionamiento en pares de frecuencias: el canal VHF formará un par con el canal DME tal como aparecen en la tabla 1.
- B. Emplazamiento común: Las instalaciones asociadas VOR y DME

pueden tener dos clases de emplazamiento común: el emplazamiento común coaxial que consiste en situar las antenas - VOR y DME en el mismo eje vertical y el emplazamiento común descentrado para las instalaciones que se utilizan en áreas terminales para fines de aproximación y otros procedimientos en los que se exige la máxima precisión del sistema para determinar la posición. La separación de las antenas VOR y DME no excede de 30 metros y para otros fines distintos a los antes mencionados, la separación de las antenas no excede de 600 metros.

- C. Disposiciones sobre identificación: La identificación consistirá en la transmisión de la clave en forma de puntos y rayas (Código Morse Internacional, Tabla II) a intervalos de 30 segundos a la velocidad de 7 palabras por minuto aproximadamente, sincronizándose con la clave de identificación de la instalación VHF.

### 3.1.2 Señales Moduladas de Navegación en el VOR

La portadora, tal como se observe desde cualquier punto en el espacio, se modulará en amplitud (AM) por dos señales: una subportadora de 9960 Hz de amplitud constante, modulada en frecuencia (FM) a 30 Hz y una componente modulada en amplitud a 30 Hz.

La profundidad de modulación de la portadora de radiofrecuen

cia, debida a las señales de 30 y 9960 Hz, estará comprendida entre los límites del 28 y 32 por ciento. Las frecuencias de modulación de la fase variable y de la fase de referencia serán de  $\pm 30$  Hz con una tolerancia de  $\pm 1\%$ . El porcentaje de modulación con amplitud de la subportadora de 9960 Hz no excederá el 5%.

### 3.1.3 Equipo Monitor

Un equipo monitor VOR situado en el campo de radiación, proporcionará señales para el funcionamiento de un monitor automático. Dicho equipo transmitirá una advertencia a un punto de control o bien eliminará de la portadora las componentes de identificación y de navegación o hará que cese la radiación si se presenta alguna de las siguientes desviaciones respecto a las condiciones establecidas o una combinación de las mismas:

- A. Un cambio de más de un grado, en el emplazamiento del equipo de control, de la información transmitida por el VOR;
- B. Una disminución del 15% en las componentes de modulación a nivel de voltaje de las señales de radiofrecuencia en el dispositivo de control, tratándose de la subportadora, de la señal de modulación en amplitud de 30 Hz o ambas.

La falla del propio monitor hará que se transmita una advertencia a un punto de control o bien se suprimirá las componentes

de identificación y de navegación de la portadora o hará que cese la radiación.

Para el equipo respondedor DME, se proporcionarán medios en cada emplazamiento para cada respondedor para controlar automáticamente el respondedor en uso.

En caso que el retardo de tiempo (50 useg.) del respondedor difiera del valor asignado en 1 useg. o más, a un nivel normal de señal de interrogación de 6 db por encima del mínimo de activación del receptor del repondedor, el equipo de control hará lo siguiente:

- a. Dará la indicación apropiada en un punto de control;
- b. El respondedor en servicio dejará de funcionar automáticamente;
- c. Se conectará y se pondrá automáticamente en servicio el respondedor auxiliar.

### 3.2 DESCRIPCION DEL EQUIPO VOR

Para la estación VOR a instalarse en SEST se recomienda la siguiente configuración:

- 2 Unidades Monitoras
- 1 Generador VOR
- 1 Unidad de Control Local
- 1 Unidad de Distribución de RF
- 2 Goniómetros
- 2 Unidades Transmisoras
- 2 Unidades Modulador, Fuente y Manipulador
- 2 Paneles de Conexiones
- 2 Ventiladores; Fig. 3.1

### 3.2.1 Descripción de las Unidades del equipo VOR

A. El Transmisor: suministra señales de VHF básicas que van a servir de transporte para la señal compuesta irradiada por el VOR. Este produce una portadora de referencia de 100 W, la cual es modulada en amplitud por una subportadora de 9960 Hz (modulada en FM) y luego es enviada a la antena. Otra señal, la frecuencia portadora, que es una muestra de la portadora de referencia, es inyectada al goniómetro, el cual la desplaza en fase y genera las bandas laterales. Las señales de referencia y variable se envían a través de la unidad de distribución de radiofrecuencia antes de alimentar la antena de la estación. La portadora de referencia recibe también modulación de las señales de identificación y fonía alternativamente, Fig. 3.2 y Fig. 3.3

B. El Goniómetro: es la unidad que produce las señales de na

vegación. Una señal demodulada de RF proveniente del transmisor (onda continua de referencia o frecuencia portadora), - excita al goniómetro, el cual transforma esa energía de entrada en dos bandas laterales dobles con portadoras suprimidas, desfasadas  $90^\circ$  y moduladas en amplitud por señales de 30 Hz. Estas señales son enviadas a la antena VOR (tipo ranura) y alimentan en pares opuestos las ranuras de irradiación de modo que produzcan un diagrama giratorio en forma de ocho.

El goniómetro genera tres señales internamente: la señal de 9960 Hz y dos señales de 30 Hz. Cada una de las señales de 30 Hz están desfasadas entre ellas  $90^\circ$  necesariamente, ya que las ranuras de la antena VOR también se encuentran desplazadas  $90^\circ$ . Cuando las señales de 30 Hz alimentan a cada una de las cuatro ranuras de la antena se obtiene un ocho en forma doble, es decir, se tiene un patrón de radiación de cuatro lóbulos. Al sumar los cuatro lóbulos se obtiene el ocho simple, - fig. 3.4. La señal de 9960 Hz es modulada en frecuencia de  $\pm 480$  Hz requerida por la subportadora de 9960 Hz, con lo que se obtiene 10440 Hz en el límite superior y 9480 Hz en el límite inferior, Fig. 3.5 y 3.6

- C. Modulador, Fuente y Manipulador: El voltaje de operación de esta unidad (115 Vac) es aplicado a un transformador para que entregue dos voltajes relativamente bajos: 24 voltios DC rectificadas pero no reguladas que alimentan a la unidad transmisora y 30 voltios DC rectificadas y reguladas para alimentar a

la unidad de control local y al goniómetro. El encendido o - apagado del equipo se realiza mediante relés controlados por 24 voltios DC suministrados por la unidad de control local.

El modulador recibe tres señales modulantes conformadas por la señal FM  $9960 \pm 480$  Hz, la señal de voz desde la posición remota y el código de identificación, las cuales son mezcladas - en un amplificador, el cual combina el audio con el nivel variable de excitación de onda continua. El nivel de audio puede variar a fin de ajustar el porcentaje de modulación y la excitación de onda continua puede variar para ajustar la potencia de salida del transmisor.

El manipulador genera un tono de bajo nivel de 1020 Hz el cual es el código de identificación del VOR. Cuando se tiene un sistema VOR/DME, se utiliza la opción del amplificador de tono DME continuo de 1020 Hz del manipulador con suficiente amplitud para ser utilizado por el equipo DME, Fig. 3.7 y Fig. 3.8

- D. Unidad de Control Local: es básicamente una llave ON/OFF del equipo VOR. El control puede ser local o remoto vía línea telefónica o radioenlace. Tiene la posibilidad de transferir manual o automáticamente el equipo principal para el de reserva o desde este último para el desligamiento completo y apagar la estación en caso de falla. Para mantenimiento se pueden activar interruptores de bypass para activar el equipo de reser

va, Fig. 3.9

- E. La Antena: irradia todas las señales de la estación de tierra, es decir, navegación, identificación y voz. La parte de la señal de navegación relativa a la señal de referencia es irradiada de manera omnidireccional, así como también la señal de voz y la de identificación. La correspondiente a la señal de la variable es irradiada de manera direccional, variando en función del tiempo, siendo todas las señales irradiadas con polarización horizontal. La radiación resultante de la antena a través de la ranura debido al efecto de modulación espacial en la portadora de referencia es una rotación horaria de la portadora principal de RF. Puntos de intensidad de señal máxima y mínima bien definidos pueden ser detectados a una distancia de la antena. Esta señal detectada es denominada una porción variable de la señal del VOR.

La antena es de tipo cilíndrica con cuatro ranuras distribuidas alrededor de la superficie cilíndrica en las posiciones de  $45^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $225^\circ$  y  $315^\circ$  respecto al norte magnético y son designadas como Noreste, Sureste, Suroeste y Noroeste. Las ranuras Noroeste y Suroeste forman el par #1 denominado verde y las ranuras Noreste y Suroeste forman el par #2 denominado rojo. Las ranuras son rectangulares y poseen aletas a lo largo de los bordes verticales para producir carga capacitiva en ellas y para compensar las tolerancias de fabricación en sus

dimensiones se colocan a través de cada ranura pequeños capacitores ajustables.

Las líneas de alimentación de la portadora variable están encerradas en tubos metálicos y terminan sobre la pared de la antena, próxima a la extremidad inferior de la ranura. La portadora de referencia usa líneas de alimentación terminando en las extremidades superiores de la ranura. La antena es centralizada y orientada de manera que la marca vertical asignada con la letra N entre las aberturas Noroeste y Noreste estén orientadas al norte magnético. Es sintonizable entre 108 MHz y 118 MHz y se encuentra montada sobre el techo del abrigo o casetta del VOR y utiliza el mismo plano de tierra, Fig. 3.10

A la antena se le aplican tres señales de la misma frecuencia: Una señal, la de referencia, que trae información de la portadora de RF modulada en amplitud (30%) con una subportadora de 9960 Hz que es modulada en frecuencia, la identificación de 1020 Hz modulada en amplitud (5%) y fonía también modulada en amplitud (30%). Las dos señales restantes son las bandas laterales de la variable cuyas señales modulantes son ajustadas de tal forma que a través de la modulación espacial tengan un valor del 30%, Fig. 3.11

F. Monitor y Detector de Campo: se lo utiliza con el fin de monitorear la calidad de la señal que emite dicha estación. Exis

ten ciertos parámetros de la señal emitida por la estación que son permanentemente revisados por el monitor y en el supuesto caso que uno de estos parámetros no se encuentre dentro del límite tolerable se producirá una señal del monitor hacia la unidad de control local indicándole se efectúe un cambio de equipo con lo que operará el equipo de emergencia. Si se encontrara en operación el equipo de emergencia y sucede nuevamente la falla, la unidad de control local dejará la estación VOR fuera de servicio, significando el apagado definitivo del equipo.

Normalmente las señales monitoreadas son: identificación, niveles de las señales de referencia y variable y fase entre estas dos señales. Las señales para el monitor son captadas en el espacio y detectadas por el detector de campo como si fuese el receptor de a bordo en la aeronave. Como no existen vínculos con las señales irradiadas normalmente en el detector de campo a éste se lo instala en el acimut del radial de referencia. La señal compuesta proveniente del detector de campo contiene todos los parámetros que revisa el monitor, Fig. 3.12

- G. Unidad de Distribución de RF: La función de esta unidad es medir la potencia de las energías incidentes y reflejadas en la antena de la estación, ya sea del equipo principal o el de reserva. Esta unidad posibilita el mantenimiento del equipo cuando uno de ellos se encuentra con falla: un equipo queda conectado a la antena operando normalmente y el otro queda fuera de ser

vicio pero conectado a cargas fantasmas.

### 3.2.2 Características Técnicas

Requisitos de alimentación de entrada:

Voltaje	115/230 VAC RMS $\pm$ 10%
Frecuencia	47 a 63 Hz
Fase	Monofásica
Consumo de Potencia:	
Iluminación	240 W
Calefactor de obstrucción	200 W
Luces de obstrucción	200 W
Ventilador del gabinete	204 W
Equipo VDR principal	770 W
Equipo VDR reserva con ventilador	974 W

Transmisor:

Potencia de salida 50 a 100 W (17 a 20 dBW)

Frecuencia 108 a 118 MHz

Señal de RF Referencia: la portadora de RF es modulada en amplitud (30%) con una subportadora de 9960 Hz  $\pm$  0.02% y desviación de 480  $\pm$  0.5 la AM en la subportadora de 9960 Hz es menor que 3.5%.

Variable: la portadora de RF es modulada en el espacio en amplitud al 30% con una señal de 30 Hz  $\pm$  0.02%.

tono de identificación: AM ajustable (5% típico) con 1020 Hz  $\pm$  1% manipulados.

Zumbido y ruido: con la entrada de voz, referencia e identificación, el zumbido y el ruido en la portadora es de 400 dB por debajo del nivel de audio equivalente al 90% de modulación.

#### Goniómetro:

Voltaje de entrada	30 $\pm$ 2 Vdc
Señal de RF	Variable: la frecuencia de modulación es de 30 Hz $\pm$ 0.02%, la subportadora de 9960 Hz fase fija con 30 Hz variables $\pm$ 0.02% modulada en FM con una desviación de 480 $\pm$ 0.5. La impedancia de salida es menor que 500 ohmios.

#### Modulador, fuente y Keyer:

Voltaje	115 Vac $\pm$ 20%
Frecuencia	47 a 63 Hz
Fase	monofásica
Entrada al keyer y modulador	30 Vdc
Voltajes de Salida	5 Vdc, 15 Vdc, 30 Vdc (regulados), 24 Vdc - (no regulados)
Modulador	3 canales, 70% de capacidad Rango: 0 a 30% canal de voz y 0 a 10% la identificación.

Keyer:	genera 17 elementos del código morse internacional. El punto tiene una duración de 0.1 a 0.125 segundos ajustables y la raya equivale al ancho de tres puntos. La secuencia del código se repite a intervalos iguales del ancho de 60 puntos.
Control Local:	
Voltaje de entrada	30 Vdc
Voltaje de salida	24 Vdc
tiempo de la transferencia	15 segundos
Antena:	
frecuencia	108 a 118 MHz
impedancia de entrada en RF	tres entradas coaxiales de 52 ohmios cada una.
máxima VSWR permitida	entrada de las bandas laterales roja y verde 1, 2:1; entrada de la portadora de referencia 1, 15:1.
polarización	horizontal
tipo	cilíndrica de ranura
Monitor y detector de campo:	
voltajes de entrada	$30 \pm 3$ Vdc, 115/230 Vac $\pm 10\%$ , 294 Vp-p (onda cuadrada) $\pm 10\%$
señal requerida	2 Vp-p provenientes de la subportadora de

9960 Hz y de la variable de 30 Hz en iguales cantidades y la señal de identificación a 1/3 del nivel de la señal de 30 Hz. La composición debe mostrar las características de una buena señal VOR demodulada.

impedancia de entrada 5000 ohmios

canal de audio 600 ohmios balanceados de impedancia de salida, nivel de salida ajustable de -8 a +8 dBm, estabilidad de salida de  $\pm 1$  dBm y la respuesta de frecuencia típica con respecto a la identificación de  $\pm 6$  dB de 300 a 3000 Hz; -18 dB a 30 Hz; -26 dB a 9960 Hz.

Unidad de

Distribución:

impedancia de entrada 50 ohmios

impedancia de salida 50 ohmios

Potencia de la

señal de RF 2.5 W (máximo) cada banda; 1000 W (máximo) la portadora.

### 3.2.3 Instrucción sobre los Controles e Indicadores del Panel Frontal de las Unidades del VOR

Monitor:

1. Alarma de identificación
2. Alarma de la subportadora
3. Alarma de la variable

4. Alarma de fase
5. Posición ByPass de la identificación
6. Operación Normal del VOR (1,2,3,4,5 y 6 son lámparas indicadoras)
7. Medidor de porcentaje de normal
8. Resolvedor
9. Medidor de error de curso
10. Línea de salida de la señal de forma de onda detectada
11. Interruptor de encendido/apagado
12. Interruptor de detector de campo/generador de prueba
13. Interruptor de ByPass de la identificación
14. Control del nivel de detección de subportadora
15. Control del nivel de variable
16. Control del nivel de referencia
17. Control del nivel de identificación
18. Interruptor del medidor de porcentaje de normal

Control Local:

19. Interruptor de encendido/apagado
20. Interruptor de selección manual del equipo principal
21. Posición ByPass del equipo No. 1
22. Posición ByPass del equipo No. 2
23. Lámpara indicadora del equipo principal No. 1 encendido
24. Lámpara indicadora de equipo principal No. 2 encendido
25. Lámpara indicadora del equipo No. 1 en posición de espera
26. Lámpara indicadora del equipo No. 2 en posición de espera

27. Lámpara indicadora de condición de falla
28. Lámpara indicadora de alarma del monitor en posición ByPass o de la unidad de control local en posición Local
29. Interruptor de reposición del equipo Reset
30. Interruptor para control Local/Remoto

Unidad de Distribución:

31. Medidor de Potencia
32. Interruptor para selección de bandas laterales y portadora
33. Cápsula de 2.5 W
34. Cápsula de 2.5 W
35. Cápsula de 100 W

Goniómetro:

36. Interruptor de encendido/apagado
37. Interruptor de la señal de Referencia
38. Interruptor de la señal de subportadora
39. Interruptor de la señal de Banda lateral Verde
40. Interruptor de señal de Banda Lateral Roja

Transmisor:

41. Medidor de amperios
42. Control de la Fase de la Banda Lateral

43. Selector de posiciones

Modulador, Fuente y Manipulador:

44. Fusible del voltaje DC principal

45. Fusible del voltaje DC regulado

46. Fusible del voltaje DC no regulado

47. Fusible del voltaje AC

48. Fusible del voltaje AC

49. Interruptor de encendido/apagado de la unidad

50. Lámpara indicadora de encendido/apagado de la unidad

Referirse a la Fig. 3.14

### 3.3 DESCRIPCION DEL EQUIPO DME

El equipo DME para complementar al VOR, está conformado de arriba hacia abajo por las siguientes unidades:

1 Unidad de Prueba

1 Unidad de Transferencia

1 Unidad de Control

2 Unidades Monitoras

2 Unidades Transpondedoras

1 Ventilador

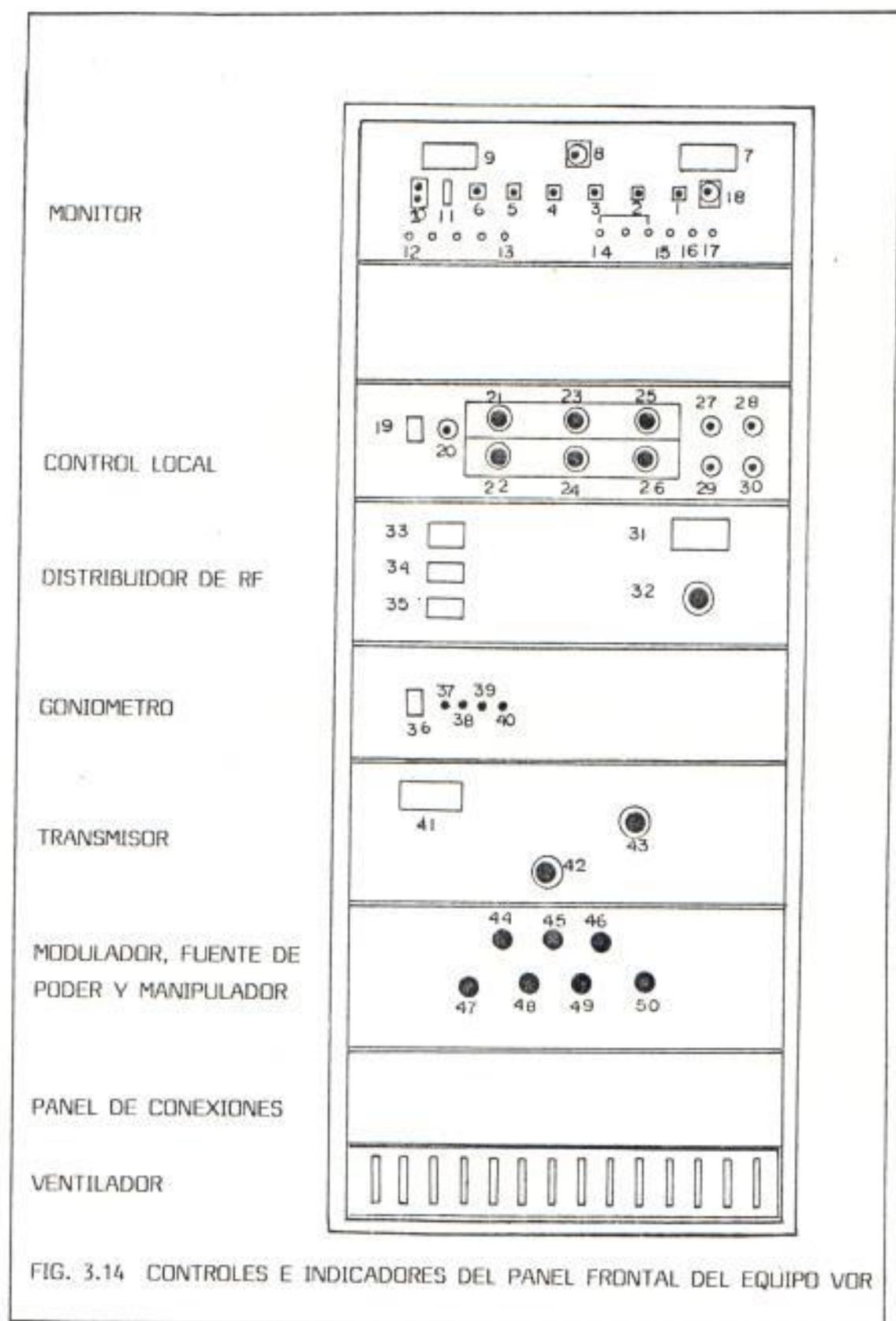


FIG. 3.14 CONTROLES E INDICADORES DEL PANEL FRONTAL DEL EQUIPO VOR

## 1 Panel de Conexiones; Fig. 3.15

### 3.3.1 Descripción de las Unidades del DME

- A. El Transpondedor: es el equipo principal de la estación DME y es el responsable de la recepción de los pulsos de interrogación desde una aeronave y de la transmisión de la respuesta, de tal forma que la sección receptora del interrogador de un avión en particular pueda elegir las respuestas a sus interrogaciones de las respuestas de otros interrogadores. El interrogador determina la distancia a la estación en tierra en función del lapso de tiempo transcurrido entre la transmisión de un par de pulsos de interrogación y la recepción de un par de pulsos auténticos de respuesta. Para el DME de canal X la separación del par de pulsos de interrogación y respuesta es de 12 useg. Además de sus función básica, el transpondedor transmite pulsos codificados al azar (squitter) para que en ausencia de interrogaciones se suministre la cantidad necesaria de pulsos para mantener la salida del transmisor. Los pulsos de identificación se transmiten a intervalos de 30 segundos y la identificación tiene tres caracteres del CDI, precedidos por la letra I, Fig. 3.16
- B. El Monitor: evalúa continuamente el retardo del sistema, la potencia radiada efectiva (ERP), la eficiencia de respuesta, la cuenta de pulsos, la separación de los pulsos y la duración y el ciclo de repetición de la identificación. Si cualquier pará

metro está fuera de las tolerancias, el monitor envía una indicación de falla a la unidad de control para que se efectúe la transferencia al transpondedor en posición de espera (stand by). Cuando la falla se encuentra en el retardo del sistema, primero se efectúa la transferencia al transpondedor en stand by, el cual será sometido a una evaluación y si en ésta hay falla entonces se apagan totalmente los dos transpondedores evitándose de esa forma una información errónea de distancia.

Para evaluar el retardo del sistema y la eficiencia de respuesta, el monitor interroga al transpondedor a una razón equivalente al interrogador de una aeronave. El retardo del sistema es el tiempo medido desde una interrogación del monitor a una respuesta a esa interrogación y generalmente es un tiempo fijo de 50 useg.

La eficiencia de respuesta es la razón entre respuestas e interrogaciones, expresada en porcentaje. La señal de interrogación desde el monitor se usa también durante la revisión de la función de la sección del receptor del transpondedor.

Los circuitos de monitoreo de la identificación de la estación indican una falla menor cuando la manipulación de la identificación está ausente o continua. El monitor también indica falla menor en la cuenta de los pulsos cuando el número de pulsos transmitidos está bajo la razón de repetición mínima es

tablecida para la estación. El monitoreo de la ERP se realiza a través de un elemento captor de la antena. Si la ERP cae por debajo de un nivel predeterminado, el monitor envía una indicación de falla a la unidad de control, Fig. 3.17

- C. Unidad de Control: proporciona control manual o automático de la estación. Los circuitos de la unidad de control cambian automáticamente al transpondedor standby en el caso que exista una alarma.

La unidad permite dos funciones básicas: encender y apagar - la estación en forma manual y permitir la selección de un equipo y mostrar cual de ellos es el principal, Fig. 3.18

- D. Unidad de Prueba: posee un osciloscopio opcional incluido, el cual entrega una muestra de las señales de salida de la estación para ajustes del transpondedor y de los pulsos críticos del circuito de monitoreo para ajustes del monitor. Esta unidad ejecuta tres funciones principales: conteo de pulsos (frecuencias), selección de señales del DME para mostrarlas en el osciloscopio y para trigger externo y producción de señales - de marcas de tiempo para el osciloscopio. El contador proporciona la ventaja de revisar en una forma rápida el número de interrogaciones desde el monitor al transpondedor; el número de respuestas del transpondedor para esas interrogaciones y el total de pulsos de respuestas transmitidos, Fig. 3.19

E. Unidad de Transferencia: muestrea las señales de RF transmitidas y recibidas de tal forma que puedan ser monitoreados algunos de los parámetros del sistema DME. La mayor parte del muestreo se efectúa con la ayuda de dos acopladores direccionales para el transpondedor activo y dos para el transpondedor standby, el cual está terminado en una carga fantasma. Esta unidad contiene un relé de transferencia de antena para conectar la antena al equipo operativo y al mismo tiempo conectar el equipo standby a una carga fantasma interna para propósitos de prueba. La unidad de transferencia tiene como característica adicional su uso solamente durante la prueba y sólo si se usan los dos monitores, un equipo conectado con el transpondedor standby o no operativo para prueba de éste sin interrumpir la operación del equipo, Fig. 3.20

F. La Antena: consiste de nueve elementos radiantes bicónicos con elementos secundarios los que recogen una muestra de señal para prueba en el o los monitores. La antena es omnidireccional y no contiene partes movibles, Fig. 3.21

### 3.3.2 Características Técnicas

Requisitos de alimentación de entrada:

Voltaje 105 - 130/210 -260 Vac

Frecuencia 60 ± 1 Hz

Fase Monofásico

Monitor:	
Frecuencia	1025 a 1150 MHz
Frecuencias para pruebas	Cuatro frecuencias adicionales controladas por cristal, $\pm 160$ KHz y $\pm 900$ KHz de la frecuencia de operación.
Nivel de salida de la señal de prueba	Variable de 0 a 100 dBm
Velocidad de repetición de pulso	100 pares de pulsos por segundo para funcionamiento normal; 50 a 3000 pares por segundo para prueba.
Señal de falla del monitor	Si el sistema de retardo varía $\pm 1$ useg. de la lectura nominal; si la potencia de salida se decrementa en 3 dB; la eficiencia de repetición se decrementa a $65\% \pm 5\%$ ; el espacio de pulso varía $\pm 1$ useg. del valor nominal; si el conteo de pulsos está bajo el valor de $850 \pm 100$ pulsos por segundo y si la identificación no se repite cada 30 segundos o es transmitida continuamente cada 5 segundos.
Antena:	
Ganancia	9 dB

Factor de el acoplamiento con el monitor	22 ± 5 dB
Patrón de radiación	Omnidireccional, con una diferencia entre los puntos mínimo y máximo del acimut de no más 2 dB.
rango de operación a temperatura ambiente	-55°C a +71°C
Rango de elevación	0 a 10000 pies
Frecuencia de operación	960 a 1215 MHz
Impedancia de entrada	50 ohmios
Polarización	vertical
Transpondedor:	
Rango de frecuencia	960 a 1215 MHz el transmisor y de 1023 a 1152 el receptor
Rango de operación	962 a 1213 MHz el transmisor y de 1025 a 1150 MHz el receptor.
Pulsos transmitidos	1000 a 2700 pares de pulsos por segundo
Ajustes del sistema de retardo de tiempo	50 ± 0.25 useg.
Potencia de salida	1000 w
Impedancia de salida	50 ohmios

Rango de operación a  
temperatura ambiente -10 °C a +55°C

Unidad de Control:

Contador de tiempo de  
retardo Alta Tensión 67±15.5, -10.5 segundos  
Retardo de alarma 4 a 10 segundos ajustables

Unidad de Transferencia:

Rango de frecuencia 960 a 1215 MHz para la transmisión y 1023 a  
1152 MHz para la recepción

Impedancia nominal 50 ohmios  
ROE de entrada 1.1:1 máximo  
Atenuación de la  
señal reflejada mayor que 45 dB

Rango de operación a  
temperatura ambiente -10°C a +55°C

Unidad de Prueba:

Rango de operación a  
temperatura ambiente -10°C a +55°C  
Rango de elevación 0 a 1000 pies  
Humedad relativa 5% a 90%

### 3.3.3 Instrucción sobre los controles e indicadores del panel frontal de las unidades del DME

Unidad de Prueba:

1. Interruptor de entrada del contador
2. Interruptor de selección No. 1

3. Interruptor de selección No. 2
4. Interruptor de la base de tiempo
5. Interruptor de la posición del marcador
6. Línea de salida del selector No. 1
7. Línea de salida del selector No. 2
8. Línea de entrada de puerta (GATE)
9. Línea de salida del disparador (TRIGGER)
10. Interruptor indicador de potencia
11. Fusible de voltaje de línea
12. Línea de entrada externa del contador
13. Osciloscopio
14. Indicador digital del contador de pulsos

Unidad de Transferencia:

15. Contador de selección del transpondedor principal o standby - para interrogaciones por el monitor No. 1
16. Línea de conexión Normal
17. Línea de prueba para interrogaciones del transpondedor standby bajo prueba
18. Línea de conexión Normal
19. Conector de selección del transpondedor principal o standby - para interrogaciones por el monitor No. 2
20. Línea de una muestra de potencia de salida incidente del transpondedor No. 1
21. Línea de una muestra de potencia de salida reflejada del transpondedor No. 1

22. Conector de detección de una muestra de la potencia de salida incidente o reflejada del transpondedor 1 para medición
23. Línea de una muestra de potencia de salida reflejada del transpondedor 2
24. Línea de una muestra de potencia de salida incidente del transpondedor 2
25. Conector de detección de una muestra de la potencia de salida incidente o reflejada del transpondedor 2 para medición
26. Línea de conexión Normal para que el monitor 1 evalúe las respuestas desde el transpondedor principal
27. Conector de selección de respuestas desde el transpondedor principal o standby en prueba para ser evaluadas por el monitor 1
28. Línea de conexión Prueba para que el monitor 1 o el monitor 2 - evalúe las respuestas desde el transpondedor en prueba
29. Línea de conexión Normal para que el monitor 2 evalúe las respuestas desde el transpondedor principal
30. Conector de selección de respuestas desde el transpondedor principal o standby en prueba para ser evaluadas por el monitor 2

Unidad de Control:

31. Interruptor de encendido/apagado de todas las unidades del gabinete
32. Lámpara indicadora de encendido de la unidad
33. Fusible para encendido principal
34. Lámpara indicadora de encendido principal en Línea No. 1

35. Lámpara indicadora de encendido principal en Línea No. 2
36. Lámpara indicadora de falla en el retardo del sistema
37. Lámpara indicadora de falla en la potencia de salida
38. Lámpara indicadora de falla en la eficiencia de respuesta
39. Lámpara indicadora de falla en el espaciado de pulsos
40. Lámpara indicadora de falla en la identificación
41. Lámpara indicadora de falla en la cuenta de pulsos
42. Lámpara indicadora de la selección del transpondedor 1 como principal
43. Lámpara indicadora de la selección del transpondedor 2 como principal
44. Interruptor de transferencia del transpondedor 1 al conectarse a la antena
45. Interruptor de transferencia del transpondedor 2 al conectarse a la antena
46. Lámpara indicadora de Bypass cuando la función de secuencia automática ha sido deshabilitada
47. Lámpara indicadora de apagado automático total de la estación
48. Interruptor indicador de operación de control Remota
49. Interruptor indicador de apagado del transpondedor y del monitor
50. Interruptor indicador de standby
51. Interruptor indicador de selección del transpondedor 1 como principal
52. Interruptor indicador de selección del transpondedor 2 como principal
53. Interruptor indicador de Alarma y de Reseteo de la misma

## Monitor

54. Lámpara indicadora de encendido de la unidad
55. Fusible para la energía principal aplicada al monitor
56. Lámpara indicadora de By Pass
57. Lámpara indicadora de Prueba
58. Lámpara indicadora de la señal de identificación Normal
59. Lámpara indicadora de la señal de cuenta de pulsos Normal
60. Lámpara indicadora de la señal de espaciamento de pulsos normal
61. Lámpara indicadora de la señal de eficiencia de respuesta Normal
62. Lámpara indicadora de la señal de potencia de salida Normal
63. Lámpara indicadora de la señal de retardo del sistema Normal

## Transpondedor

64. Lámpara indicadora de Prueba
65. Lámpara indicadora de alto voltaje
66. Lámpara indicadora de bajo voltaje
67. Lámpara indicadora que el voltaje es aplicado a los filamentos - del tubo amplificador de RF
68. Medidor del tiempo que el voltaje ha sido aplicado a los filamentos del tubo amplificador de RF
69. Medidor de tiempo que el alto voltaje ha sido aplicado a los tubos amplificadores de RF
70. Fusible para el bajo voltaje AC de línea
71. Fusible para el suministro de energía AC de línea al filamento
72. Fusible para el alto voltaje AC de línea

Referirse a la Fig. 3.22

UNIDAD DE PRUEBA

UNIDAD DE TRANSFERENCIA

UNIDAD DE CONTROL

MONITOR I

MONITOR II

TRANSPONDEDOR I

TRANSPONDEDOR II

PANEL DE CONEXIONES

VENTILADOR

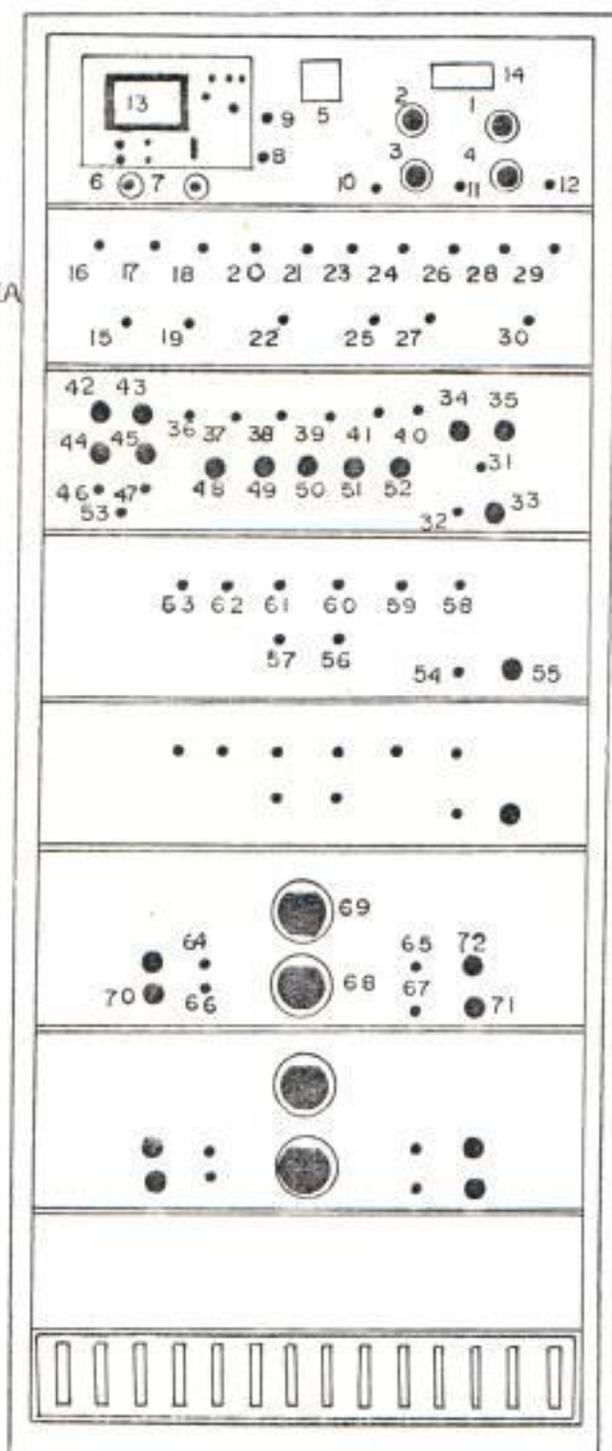


FIG. 3.22 CONTROLES E INDICADORES DEL PANEL FRONTAL DE LAS UNIDADES DEL DME

## CAPITULO IV

### INSTALACION, PUESTA EN FUNCIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO DE LA ESTACION VOR/DME

#### 4.1 CONSTRUCCION DE LA CASETA DE LA ESTACION

Habiéndose elegido el sitio más apropiado para la construcción de la caseta (Zona A o Zona B, Capítulo II), se procederá a la preparación del terreno para la instalación del sistema.

En primera instancia, se hacen canales para las líneas de energía y control mediante el siguiente procedimiento:

- a. Clave una estaca de referencia en el centro del lugar donde se construirá la caseta y sitúe la fuente de energía, Fig. 4.1
  
- b. Coloque una estaca a 230 metros sobre la línea que une la estaca de referencia y la fuente de energía. Esta estaca marca la localización del poste terminal. Se sitúa una segunda estaca a lo largo de esta misma línea a 23 metros de la primera estaca. Clave una tercera estaca a 1.6 metros de la estaca de referencia siguiendo la misma línea y junto con la estaca del poste terminal determinará el radial que el canal de la línea de energía va a seguir. \*

- c. Siguiendo la orientación del norte magnético localice una estaca a unos 30 metros de la estaca de referencia, la misma que una vez - construída la caseta servirá como referencia general.

A continuación procedemos a la construcción de la caseta, la cual tendrá el suficiente espacio para contener a los equipos duales VOR y DME y estará referenciada al norte magnético debido a que estos equipos dentro de la caseta están manejados por esta orientación.

En el lugar escogido para la construcción, se hallará el centro exacto y se instalarán dos vástagos de 1.83 metros de acero con forro metálico para suministrar una red de tierra al sistema, eligiéndose uno de ellos como vástago de referencia. Operaciones topográficas son realizadas para localizar el punto de norte magnético e introducir tres estacas sobre el radial norte: una aproximadamente a 6 metros de la estaca central, otra a 30 metros y otra a 45 metros aproximadamente. - Las dos últimas estacas serán permanentes y usadas para el posicionamiento del teodolito durante la revisión en vuelo (flight check). Usando el vástago de referencia como centro y un radio de 3.36 metros se marca un círculo sobre la tierra y tomando su circunferencia como - centro se cava un surco circular con 30.48 cm. de ancho y 76.2 cm. de profundidad. A continuación y usando este mismo centro, se cava un cuadrado de 1m de lado y con una profundidad mínima de 43.18 cm. El siguiente paso es sacar 5.08 cm. de la tierra entre el cuadrado y el - canal circular y así tener un lugar para nivelación y adición de una - base de grava. En este punto las direcciones de las líneas de control

y de energía deben ser determinadas para que los conductores se localicen desde una sola dirección o desde diferentes direcciones, Fig. 4.2 Desde el centro de la caseta y con una dirección de 1.9 metros al norte del centro y 30.48 cm. al este, introduzca un vástago de tierra hasta que queden 25.4 cm. sobre el nivel del terreno, cave un surco de 15.24 cm. de ancho y 48.26 cm. de profundidad, extendiéndolo 91.44 cm. fuera de surco circular. Este surco permitirá conducir líneas de control y energía desde puntos remotos hasta los equipos.

Para ensamblar las catorce secciones curvadas de acero que constituyen el cerco de la caseta, se debe:

- a. Cavar siete surcos de 10 cm. de profundidad y 20 cm. de ancho para la colocación de barras de guía. Un surco debe estar sobre el radial norte y los otros seis deben estar igualmente espaciados alrededor del centro de la caseta, Fig. 4.3
- b. Ensamblar el anillo central, el cual servirá para acoplar las siete barras de guía y el pedestal de antena, Fig. 4.4
- c. Vacíe el concreto en la base del anillo central, con 20 cm. de profundidad y en el surco circular exterior desde su base hasta 25 cm. menos que el anillo central, Fig. 4.5
- d. Deje curar el concreto por lo menos 8 días antes de proseguir la construcción.

Una vez que el concreto está listo, se ensamblan las secciones del cerco de la caseta de manera que una de las siete barras de guía - se extienda a lo largo del radial norte. Las barras de guía se conectan en el anillo central mediante pernos ajustables con tuercas y finalmente sus surcos son cubiertos con tierra o cascajo y después cubrir toda el área interior de la caseta con 5 cm. de grava.

Para la instalación del pedestal de antena, primero se lo debe colocar en su posición vertical para asegurar que la marca "N" que está en un lado del pedestal esté frente al norte, después se sitúa el tambor del soporte central en la parte superior del pedestal y se ajusta con pernos, Fig. 4.6

La construcción de las paredes de las secciones del cerco de la caseta, al igual que las secciones del techo, se realiza en sentido contrario a las manecillas del reloj. La marca de referencia del norte magnético es puesta en el filo de una sección del cerco de la caseta, como se muestra en la Fig. 4.7

Al tambor de soporte central se le suministra una cubierta circular de 1 metro de diámetro, y por último se hecha concreto en toda el área interior del piso del cerco de la caseta hasta el nivel mostrado en la Fig. 4.8

Las secciones de las paredes del cerco se les realizarán aberturas - para una puerta de acceso, una ventana, un ventilador y aire acondicionado, Fig. 4.2

- f. Remueva el plato de acceso del adaptador y conecte el cable para las luces de obstrucción y dos o tres cables coaxiales para empatar los conectores en la base de la antena. Una vez realizado lo anterior devuelva el plato de acceso sobre el adaptador.
- g. Selle la junción soporte-pedestal con un compuesto a base de silicone para evitar que se filtre la humedad o insectos.

#### 4.1.2 Marcadores para la revisión en tierra

Usando un teodolito se localizan los marcadores para la revisión en tierra sobre el filo del techo de la caseta. Esta operación debe realizarse antes de la instalación de las antenas de la estación.

Al teodolito se doblan sus soportes inferiores y se introduce en la parte superior del pedestal de antena, se ajusta el retículo de la lente en el norte magnético y se calibra a  $0^{\circ}$ . Se ajusta el calibrador vernier del teodolito hasta que aparezca el filo del techo de la caseta. En este punto se debe dejar una marca permanente usando un punzón de marcar, luego, realizar marcas similares cada  $22.5^{\circ}$  en el sentido de las manecillas del reloj alrededor del filo del techo de la caseta.

Extendiendo las direcciones de todas las marcas hasta un ra

rio de 10,67 metros desde el centro de la caseta, se localizan los postes marcadores para la revisión en tierra. Para el montaje de los postes se debe tomar en cuenta la selección del tipo a ser usado, el cual dependerá de la disponibilidad de los materiales: tacos pequeños de concreto con o sin una pieza de conexión donde va el mástil que sostiene el detector de campo durante la revisión en tierra, o postes permanentes. Una vez seleccionado el tipo de poste, se sigue la dirección del radial cero (norte magnético) y a 10.67 metros del centro de la caseta se clava un poste, obteniéndose la marca de localización de  $0^{\circ}/360^{\circ}$ . Siguiendo el sentido de las manecillas del reloj se sitúa la próxima marca a  $22.5^{\circ}$  de la marca de localización y de esta manera cada  $22.5^{\circ}$  se clavarán los postes marcadores teniendo el cuidado que cada uno de ellos estén a la misma distancia de la caseta. Los postes marcadores deben estar a 51.24 cm. bajo el nivel de tierra, siendo sus dimensiones de 10 X 10 cm. de base y 3 metros de altura. Los soportes de equilibrio para el detector de campo están a 2.45 metros del nivel de tierra, Fig. 4.11

## 4.2 PROCEDIMIENTOS INICIALES DE ALINEAMIENTO DE LA ESTACION

### 4.2.1 Equipo Dual VDR

Para alinear el equipo inicialmente se deben seguir los procedimientos en la secuencia dada. Cada uno de los equipos electrónicos individualmente pueden ser sintonizados en la misma fábrica

si se les indica la frecuencia de operación cuando se hace el pedido, de otra manera, la antena y el transmisor deben ser sintonizados siguiendo los procedimientos suministrados por los manuales de instrucción del equipo. Antes de proceder al alineamiento, se debe revisar la tarjeta de identificación del manipulador en la unidad del modulador/fuente de poder/ manipulador, la cual debe estar programada para el código de identificación de la estación, Fig. 4.12

Dado que el equipo VOR es dual, normalmente se escoge el equipo N° 1 y se le fijan los siguientes controles:

- a. En el monitor: Interruptor de encendido/apagado en posición encendido, el resolvidor en la posición correspondiente al detector de campo y la posición ByPass de la identificación en encendido.
- b. En el goniómetro: Interruptor de encendido/apagado en encendido, al igual que los interruptores de la señal de Referencia y Subportadora.
- c. En la unidad de control local: Interruptor para control Local/Remoto en Local, posición ByPass del equipo N° 1 y N° 2 - apagado, Interruptor de encendido/apagado en apagado y el interruptor para posición ByPass del monitor localizado en la parte posterior de la unidad, en encendido.

- d. En el modulador/fuente de poder/manipulador: Interruptor de encendido/apagado en encendido, interruptor CONT/NOR/OFF en apagado (en el interior de la unidad) y el control de nivel de control girado totalmente en el sentido de las manecillas del reloj (en el interior de la unidad).
  
- e. Panel de distribución de Energía AC: todos los circuitos disyuntores encendidos. En este punto, la unidad de control local debe estar seleccionada en la posición N<sup>o</sup> 1 o en la N<sup>o</sup> 2 el interruptor de encendido/apagado en encendido y el interruptor de selección manual en la posición N<sup>o</sup> 1; presione el interruptor de reposición y apague el interruptor de encendido/apagado.

A continuación se realizan las revisiones y ajustes generales, - asumiendo que los componentes de la estación VDR fueron apropiadamente ajustados de fábrica y que solamente es necesario - un mínimo ajuste antes de efectuar una revisión en tierra de la estación la primera vez. Estos ajustes acoplan el equipo a los - cables de radiofrecuencia y a la antena, estableciendo niveles normales de modulación y estableciendo la estación monitorea para una operación normal.

Una verificación indispensable es el porcentaje de potencia reflejada (ROE) en las líneas de transmisión de la antena, para lo cual utilizamos la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Potencia reflejada} = \frac{\text{Potencia reflejada}}{\text{Potencia incidente}} \times 100$$

La máxima potencia reflejada permisible en la portadora de referencia es de 0.5% la cual corresponde a un ROE de 1.15:1 (0.5 vatios de potencia reflejada para una portadora de 100 vatios). La máxima potencia reflejada permisible en las bandas laterales es de 0.8%, que corresponde a un ROE de 1.2:1 (18 milivatios de potencia reflejada máxima para 2.25 vatios de banda lateral). Si la potencia reflejada fuese excesiva, implica que la carga es reactiva y por lo tanto hay que efectuar una reducción del ROE de la antena, utilizando los procedimientos descritos por el manual del equipo. Las potencia reflejadas de las bandas laterales deben ser rigurosamente iguales, pues la diferencia puede causar errores de fase o de curso.

Una vez efectuadas todas las revisiones y ajustes necesarios, se procede a la fijación de los puntos umbrales de alarma, tanto en los circuitos de alarma de subportadora en el monitor, como en los circuitos de alarma de la variable. Estos puntos umbrales, en donde una reducción de nivel de la señal causa una alarma, son fijados a discreción del usuario y típicamente una señal de alarma puede ocurrir a un 15% de la caída en el nivel de la señal.

En este punto debe realizarse una verificación en tierra para determinar la precisión de la señal VOR radiada. Una verifica-

ción en tierra implica la movilización del detector de campo a cada marcador alrededor de la estación, anotando las indicaciones del medidor del resolvidor en el monitor para realizar la gráfica de la curva de error. Esta curva es analizada para determinar la causa y la solución para indicaciones excesivas de error. A continuación se detallan algunos de los problemas más frecuentes encontrados en la primera verificación en tierra:

- a. Al inicio de la revisión en tierra, con el detector de campo ubicado en la posición de  $22.5^\circ$ , el medidor del resolvidor se fija en  $337.5^\circ$  en vez de  $22.5^\circ$ . La causa probable es que los cables de las bandas laterales estén cambiados.
- b. Al inicio de la revisión en tierra, el medidor del resolvidor en el monitor está centrado en los  $22.5^\circ$  pero la lámpara de alarma de fase se enciende. Adicionalmente, el centro del medidor y la alarma de fase se van cuando el resolvidor es fijado en  $202.5^\circ$ . La causa probable es que el cable de portadora de  $180^\circ$  esté fuera de fase.
- c. La revisión en tierra muestra todos los errores positivos o todos los errores negativos. La causa probable es la orientación de la antena.
- d. La revisión en tierra muestra niveles de potencia desiguales en las bandas laterales, pero la revisión del goniómetro está correcta. La causa probable es la sintonía de la antena.

- e. La curva de error de la revisión en tierra es positiva en  $90^\circ$  y  $270^\circ$  pero negativa en  $0^\circ$ ,  $180^\circ$  y  $360^\circ$ . La causa probable es la potencia en la bandas laterales.

Si la estación necesita de una unidad de control remoto, su revisión debe ser efectuada entre dos personas, la una situada en la posición remota y la otra en la posición local. Como estamos tratando con una estación VOR/DME, la unidad de control remoto debe ser una unidad VOR/DME, la cual debe ser capaz de cinco comandos separados:

1. Apagado total de los equipos (shutdown)
2. Posicionamiento en Standby
3. Equipo N<sup>o</sup> 1 encendido
4. Equipo N<sup>o</sup> 2 encendido
5. Restablecimiento de las alarmas (reset) a la posición inicial

Para probar esta unidad se debe seguir el procedimiento de alineamiento inicial pero con los siguientes cambios:

- a. En el modulador/fuente de poder/manipulador el interruptor-CONT/NOR/OFF en posición NOR
- b. En la unidad de control local el interruptor LOCAL/REMOTO - en posición REMOTO.
- c. Encender la unidad de control remoto

- d. Repetidamente presione en la unidad de control remoto el interruptor MAIN-AUX-OFF hasta que la lámpara indicadora de N° 1 en la unidad de control local se encienda.
- e. Presione de nuevo el interruptor MAIN-AUX-OFF hasta que la lámpara indicadora de N° 2 en la unidad de control local se encienda.
- f. Presione otra vez el interruptor MAIN-AUX-OFF y las lámparas indicadoras de encendido N° 1 y N° 2 se apaguen.
- g. Observe que la lámpara indicadora VDR IDENT en la unidad de control remoto esté parpadeando paralelamente con el tono de identificación recibido desde la posición local, de otra manera habrá que realizarle el ajuste necesario para que la señal recibida esté amplificada y pueda manejar a la unidad de control remoto. También se puede ajustar el control SPEAKER para un nivel de audio adecuado.
- h. Si el equipo ubicado en la posición local estuviera operando con un sistema de alimentación por medio de baterías, la lámpara indicadora COML PWR en la unidad de control remoto debe estar encendida, Fig. 4.13

Luego de obtener una revisión en tierra satisfactoria, se procede a la revisión de la estación omnidireccional en vuelo. Perso

nal autorizado para quienes este tipo de revisiones les son familiares pueden hacer estas revisiones. El propósito de la revisión en vuelo es confirmar los resultados de la revisión en tierra y - determinar algún ajuste adicional en los niveles de modulación y/o alineamiento de curso sea requerido.

Para concluir los alineamientos iniciales de la estación omnidireccional luego que una revisión en tierra ha sido efectuada y antes de entregar la estación a un personal que la opere, se procede de la siguiente manera:

- a. Se calibran los puntos de alarma en el monitor en el equipo - que está operando, apagando la unidad de control local y se apaga el interruptor de ByPass de la identificación.
- b. Se desconecta del monitor el cable del detector de campo y - se contabiliza el tiempo de retardo hasta que se efectúe la - transferencia de equipos. Este tiempo de retardo debe ser fijado a discreción de la autoridad responsable, aunque, comúnmente es fijado en 15 segundos.
- c. Se reconecta el cable del detector de campo al monitor.
- d. Se enciende el interruptor de ByPass del monitor en la unidad de control local para que el equipo se active.
- e. Se posiciona en el medidor de porcentaje de normal en LEVEL

VAR y se mueve el control de nivel de variable en sentido contrario a las manecillas del reloj hasta que la lámpara indicadora de alarma de variable se encienda. El decremento en el medidor de porcentaje de normal debe estar en 100 unidades.

- f. Se posiciona en el medidor de porcentaje en SUBCARR LEVEL, y se decrementa el control del nivel de detección de subportadora hasta que la lámpara indicadora de alarma de subportadora se encienda.
- g. Se rota lentamente el resolovedor del monitor para causar que la lámpara indicadora de alarma de fase se encienda. La desviación de curso, el cual está indicado en el resolovedor debe estar de acuerdo con el medidor de error de curso.
- h. El interruptor CONT/NOR/OFF en la unidad moduladora/fuente de poder/manipulador debe estar en la posición CONT. La lámpara indicadora de alarma de identificación debe encenderse en aproximadamente 35 seg.
- i. Se posiciona el interruptor CONT/NOR/OFF en NOR.

Luego de completar todos los procedimientos de alineamiento se fijan los siguientes controles:

- a. Todos los disyuntores ubicados en el panel de energía alterna deben estar encendidos.

- b. En el monitor: interruptor de encendido/apagado en encendido, el interruptor de ByPass de la identificación en posición de apagado y el medidor de porcentaje de normal en posición de apagado.
- c. En el goniómetro: Los interruptores de la señal de referencia subportadora y encendido/apagado en posición de encendido.
- d. En el modulador/fuente de poder/manipulador: el interruptor de encendido/apagado en posición de encendido, el interruptor CONT/NOR/OFF en NOR.
- e. En la unidad de control local: interruptor LOCAL/REMOTO en REMOTO, interruptor de ByPass del monitor en posición de apagado, interruptores de la posición de ByPass de los equipos N° 1 y N° 2 en apagado.
- f. En la unidad de control remoto: en forma repetitiva presione el interruptor de MAIN/AUX/OFF hasta que uno de los equipos de la estación dual se encienda.

#### 4.2.2 Equipo dual DME

En el alineamiento inicial del equipo se deben observar ciertas precauciones para prevenir daños y asegurar que un adecuado funcionamiento sea llevado a cabo sin ayuda de un realineamiento extenso. La experiencia ha demostrado que los mayores problemas

cuando la estación es puesta en funcionamiento por primera vez ocurren por un incorrecto cableado entre los gabinetes y las unidades, incluyendo los cables de radiofrecuencia entre las unidades y la antena.

En estos procedimientos iniciales de alineamiento también se asume que el equipo ha sido instalado normalmente y que ninguna de sus unidades ha sido alterada o cambiada después de su calibración en la fábrica. Además la estación DME es normalmente sintonizada desde fábrica para operar en la frecuencia solicitada por el destinatario final y sus propios cristales son instalados en sus lugares respectivos. Si la frecuencia de la estación ha sido cambiada o la frecuencia de los cristales no es conocida, se debe recurrir al manual del equipo y buscar en una tabla los valores de los cristales a una determinada frecuencia de operación.

Para el encendido de la estación DME se escoge el equipo N°1 y se siguen las siguientes instrucciones:

- a. Encender los disyuntores del circuito MAIN POWER de la unidad de control.
- b. El interruptor indicador de potencia en la unidad de prueba puede o no encenderse por lo que hay que presionar este indicador hasta que se encienda indicando que la unidad está en operación.

- c. Los interruptores de selección N<sup>o</sup> 1, N<sup>o</sup> 2, línea de salida del disparador y línea de entrada de puerta de la unidad de prueba se conectan al osciloscopio de la estación DME.
- d. En la unidad de control se presiona el interruptor indicador de selección del transpondedor N<sup>o</sup> 1 como principal.
- e. Se fija la posición NORMAL al presionarse al interruptor de encendido del monitor y en el panel frontal del mismo la lámpara indicadora de encendido de la unidad se encenderá.
- f. Se fija la posición NORMAL al presionarse el interruptor de encendido del transpondedor y en el panel frontal del mismo se encenderán las lámparas indicadoras de prueba, bajo voltaje y de que el voltaje ha sido aplicado a los filamentos (FILAMENT).

Luego del encendido inicial de la estación, estamos en capacidad de revisar y ajustar la potencia de salida y medir el ROE de la línea de transmisión de salida de radiofrecuencia. De la unidad de prueba enviamos al osciloscopio un par de pulsos de transmisión y medimos su amplitud. Usando una carta de calibración suministrada por la estación, determinamos el pico de potencia de salida correspondiente a la amplitud del pulso (3 voltios corresponden aproximadamente a 1000 watts). Para medir el ROE en la salida de los cables, se toma una muestra de potencia de salida incidente y reflejada del transpondedor (la selección de muestra

incidente o reflejada se realiza en la unidad de transferencia) y se registra la amplitud de los pulsos en el osciloscopio. Se calcula el RDE usando la siguiente fórmula:

$$\text{RDE} = \frac{\text{Voltios incidentes} + \text{Voltios reflejados}}{\text{Voltios incidentes} - \text{Voltios reflejados}}$$

El RDE máximo permitido está en relación de 2.0 a 1. Luego de realizar este cálculo, se selecciona en la unidad de transferencia la señal incidente (INCIDENT). Si el resultado nos da un excesivo RDE generalmente es un problema de cableado entre el transpondedor y la antena.

Una verificación de la frecuencia de identificación se realiza usando el interruptor de entrada del contador y la base de tiempo de la unidad de prueba de manera que se obtenga una lectura en el contador del osciloscopio de  $5400 \pm 40$  pulsos, los cuales coinciden con los 1350 pares de pulsos idénticos y ecualizados. Estos 1350 pares de pulsos son suministrados por el transpondedor, el cual una vez terminada la prueba debe de estar en posición IDENT apagado.

Otro de los parámetros que se deben revisar es el sistema de retardo (system delay), el cual generalmente es de 50 useg. La lámpara indicadora de la señal de retardo de sistema normal de el monitor debe estar encendida.

#### 4.3 MANTENIMIENTO DE LA CASETA DE LA ESTACION

El mantenimiento de la estación consiste en realizar periódicas pruebas de las todas las unidades que forman la estación y de esta manera estar seguros de que la información que se suministra a las aeronaves es la correcta.

Para asegurar un óptimo rendimiento de la estación, las pruebas deberían ser llevadas a cabo en intervalos regulares de tiempo y de esta manera poder localizar fallas en una o varias unidades de los equipos. Se aconseja efectuar las pruebas de la siguiente manera:

Quincenalmente: a. revisar la operación de los circuitos de control local y remoto y el apagado automático de la estación (shutdown). b. revisar la capacidad de monitoreo remoto. c. revisar la potencia de salida y el ROE.

Mensualmente: a. revisar en el equipo DME el espaciamiento de repetición de pulsos y el retardo del sistema. b. revisar en el equipo VDR los niveles de la señal fija y variable y su desfasamiento.

Según se requiera: a. Revise y limpie los gabinetes exteriores e interiores, el ventilador y el interior de la caseta. b. realizar una revisión en tierra. c. realizar una revisión en vuelo.

Todos los datos que se obtengan en estas revisiones, deben ser anotados junto con las acciones correctivas que se hubieran efectuado.

#### 4.3.1 Impresión del registro de la verificación en tierra

El procedimiento para la impresión del registro de la verificación en tierra, es el siguiente:

1. Con los cables coaxiales correspondientes a las bandas laterales Roja y Verde normalmente conectados a la antena VDR, se llena la columna "A" en la hoja de registro (Fig. 4.14), de acuerdo con el espaciamiento en grados de las estacas en torno a la caseta de la estación.

Se llena las columnas "C" y "G" (error del monitor) de acuerdo con el gráfico de la "curva de error" impresa en el monitor o con las lecturas obtenidas a través de la verificación en tierra con el generador VDR, registrando la lectura con signo contrario.

En la columna "B" (selector del curso del monitor) se anota la lectura directa del monitor en grados (resolvidor) obtenida con el ajuste en centro de escala en el medidor (error de curso) para cada punto de monitoreo con el detector de campo. En la columna "D" (curso verdadero del monitor) y en la "E" (error normal de la estación), se anotan las sumas algebraicas de los valores encontrados en "B" y "C" y la diferencia algebraica de los valores encontrados en "D" y "A", respectivamente.

2. Con los cables coaxiales conectados a la antena VDR invertidos

dos, se llena la columna "F" (selector de curso del monitor) - con la lectura directa en grados (resolvidor) obtenida con el ajuste en el centro de escala del medidor de error de curso para cada punto de monitoreo con el detector de campo. -

En la columna "H" se anota la suma algebraica de los valores "F" y "G" y en la columna "I" (curso verdadero reciproco), la diferencia algebraica entre  $180^\circ$  y los valores encontrados en la columna "H" para los radiales entre  $0^\circ$  y  $180^\circ$  y entre los radiales entre  $180^\circ$  y  $360^\circ$ .

En la columna "J" (error reverso de la estación) se anota la diferencia algebraica entre los valores encontrados en "I" e "A".

El mismo procedimiento en los puntos 1 y 2 deben efectuarse para el transmisor en standby.

#### 4.3.2 Impresión del registro de errores antena-goniómetro

El procedimiento para el registro de errores antena-goniómetro, es el siguiente:

1. En la hoja de registro de errores antena-gonio (Fig. 4.15), se llena la columna "A" de acuerdo al espaciamiento en grados de las estacas en torno a la estación; la columna "B" (error normal de la estación) con los valores de la columna "E" del



registro de la verificación en tierra y la columna "C" (error reverso de la estación) con los valores transportados de la columna "J" del registro de verificación en tierra.

En la columna "D" (error de antena) se anotan los valores determinados por la operación:  $\frac{B + C}{2}$  para cada radial y en la columna "E" (error del goniómetro) los valores encontrados por la operación:  $\frac{B - C}{2}$  para cada radial.

2. El mismo procedimiento anterior deberá ser efectuado para el transmisor que estaba en standby, llenando las columnas "F" y "G", luego en la columna "H" anotar los valores de la operación  $\frac{F + G}{2}$  y en la columna "I" los valores de la operación  $\frac{F - G}{2}$  para cada radial.

#### 4.3.3 Impresión del gráfico de la verificación en tierra

1. Se transportan los valores encontrados en las columnas "E" y "F" del registro de errores antena-goniómetro, unir los puntos para determinar las curvas de errores de la estación, en un solo impreso (papel graduado) para los transmisores N° 1 y N° 2 respectivamente.
2. En otro papel gráfico se transporta los valores encontrados en las columnas "D" y "E" del registro de errores antena-goniómetro, se unen los puntos que determinan las curvas de e

ror de antena y goniómetro para el equipo N° 1.

3. Se utiliza un tercer papel de gráfico y se unen los puntos de las columnas "H" e "I" del registro de errores antena-goniómetro, los cuales determinan las curvas de error de antena y goniómetro para el equipo N° 2 Fig. 4.16

#### 4.3.4. Tolerancias de los errores de la verificación en tierra

Luego que se ha trazado la curva de errores de la estación, los límites de los errores deben ser analizados de la siguiente manera:

- a. Error de espaciamento: es la diferencia en grados entre el mayor error de posición en la dirección positiva y el mayor error de posición en la dirección negativa. El máximo valor de espaciamento es de  $\pm 2^\circ$ .
- b. Error de desplazamiento: es la diferencia entre el valor medio de los errores y el norte magnético. El máximo valor de error de desplazamiento es de  $4^\circ$ .
- c. Error diferencial: es la diferencia de lecturas en los mismos puntos entre los dos equipos. El valor diferencial máximo es de  $1^\circ$ .
- d. Error diferencial en el punto de monitoreo: es la diferencia

ESTACION : \_\_\_\_\_

EQUIPO N° : \_\_\_\_\_

FECHA : \_\_\_\_\_

CURVA DE : \_\_\_\_\_

### GRAFICO DE LA VERIFICACION EN TIERRA

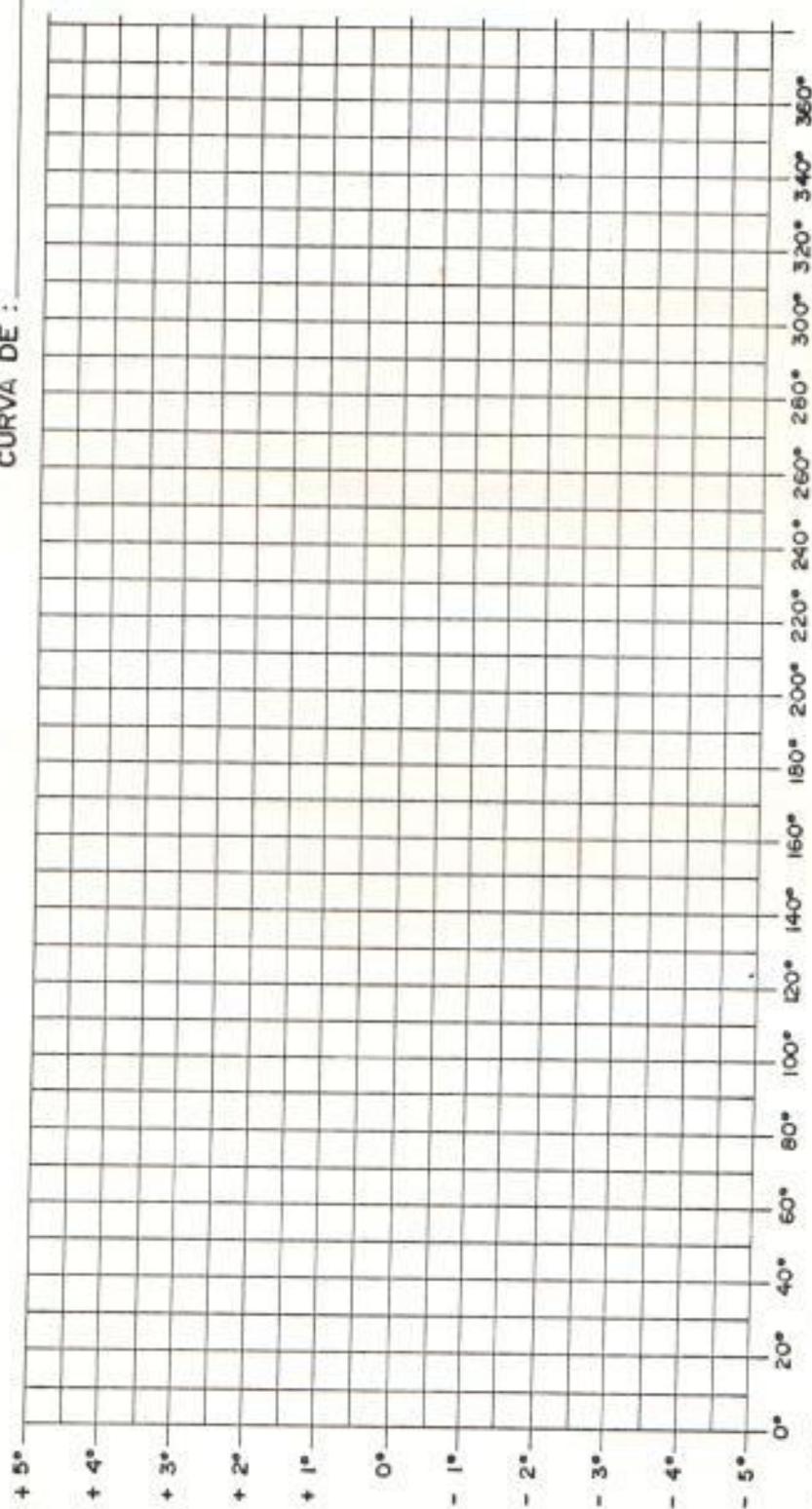


FIG. 4.16 IMPRESION DEL GRAFICO DE LA VERIFICACION EN TIERRA

de lecturas en el punto de monitoreo permanente para los dos transmisores. El valor diferencial máximo en este punto ( $90^\circ$  a  $270^\circ$ ) no debe excederse de  $0.8^\circ$ .

- e. Estabilidad del transmisor: la diferencia de lecturas para un mismo punto de monitoreo no debe excederse de  $0.3^\circ$  durante 15 minutos.

#### 4.3.5 Procedimientos para la revisión en vuelo o vuelo de inspección

En el vuelo de inspección intervienen equipos de pilotos, consola del avión-laboratorio, equipos de tierra como técnicos en teodolito y técnicos de mantenimiento del equipo VOR. Para alcanzar a los objetivos del vuelo de inspección de VOR, es necesario que la aeronave esté precisamente ubicada en el espacio, en un número suficiente de posiciones conocidas para determinar la precisión, cobertura y otros parámetros importantes, los cuales serán grabados de modo de dar datos gráficos para análisis del desempeño de la radiayuda.

La lista de verificación especifica los parámetros que serán inspeccionados en cada tipo de vuelo particular, y es la siguiente:

- a. Identificación: esta señal debe ser verificada en cuanto a claridad y la posible interferencia en la indicación del curso. Si fuera notada cualquier interferencia, el personal de mantenimiento debe ser inmediatamente informado.

- b. Orientación: debe ser efectuada al inicio del vuelo de inspección. Se debe conocer el acimut de la aeronave en relación a la estación, ya que al realizarse la verificación, el selector de radiales (OBS) determinará el acimut del radial que se está volando, el cual debe coincidir con el ya conocido. Si no coincide lo anterior quiere decir que las bandas laterales están invertidas.
  
- c. Rotación: Luego de verificar la orientación, se inicia una órbita en el sentido anti-horario, manteniendo el indicador de desvío (CP) centrado, girando el selector de radiales, entonces el radial indicado por el instrumento deberá disminuir continuamente.
  
- d. Radial en referencia: es un radial normalmente escogido en la inspección de evaluación del sitio siguiendo los siguientes criterios:
  - d.1 Deberá estar situado en un área topográfica adecuada que proporcione una estructura de curso con un mínimo de oscilación.
  - d.2 Preferentemente debe ser coincidente con el acimut  $090^{\circ}$  ó  $270^{\circ}$ .
  - d.3 Una vez escogido el radial, pasa a ser el radial monitoreado en las siguientes inspecciones.
  - d.4 De ser posible escoger un punto de verificación en tie

rra en las cercanías de este radial (10 ó 20 MN.), se lo utilizará como referencia para las verificaciones de diferentes parámetros en inspecciones subsecuentes.

- e. Referencia: es una indicación relativa con relación al desvío de "FM" de la subportadora de 9960 Hz. Si en la verificación se encontrara que la razón de desvío de la frecuencia (normalmente de 30) tiene un valor diferente, entonces el receptor a bordo está fuera de sus valores correctos.
- f. Subportadora 9960 y variable: estas modulaciones en amplitud serán siempre ajustadas en el radial de referencia entre las 10 y 20 MN. y deberán ser monitoreadas durante las demás fases del vuelo de inspección.
- g. Sensibilidad del curso: para las aeronaves equipadas con receptores de sensibilidad de curso constante, no habrá necesidad de verificación de sensibilidad de curso de la radiayuda. La sensibilidad de curso de estos receptores será siempre ajustada para 20° en el laboratorio de calibración y en consecuencia, los cálculos para alineamiento, polarización vertical y estructura, serán basados en esta sensibilidad.
- h. Efecto de polarización vertical: será verificado cuando -

se vuela alejándose o aproximándose de la estación, a una distancia de 10 a 20 MN. La aeronave será girada  $30^{\circ}$  a cada lado en torno a su eje longitudinal, retornando a vuelo recto y nivelado.

Si fuera encontrada una polarización vertical fuera de la tolerancia, será necesaria una segunda verificación, en donde se vuela aproximándose o saliendo sobre un punto de revisión. Es muy importante esta verificación para la estación VOR/DME, puesto que el DME utiliza polarización vertical.

- i. Cobertura: es considerada como el área utilizable dentro del área de servicio operacional y es determinada durante varias fases de inspección del VOR. La cobertura es considerada satisfactoria cuando se ha obtenido una intensidad mínima de señal de 5 uv.
- j. Interferencia de frecuencias: La división encargada de controlar las frecuencias deberá dar información de las áreas posibles de interferencia de radio. Los datos obtenidos con relación a interferencias incluirán la marcación magnética de las referidas radiayudas, sus identificaciones de ser posible, si las referencias están en el mismo canal o en el canal adyacente. Las áreas posibles de interferencia, deberán ser investigadas hasta el límite

del área de operación o del área de operación extendida a lo que fuera aplicable. Deberá ser utilizado un analizador de espectro para investigarse la supuesta interferencia de radiofrecuencia.

La lista de verificación también deberá ser aplicada al equipo de reserva. En cada inspección periódica deberá ser verificado el equipo de control remoto que selecciona el equipo de reserva, comprobándose el cambio real del equipo a través del centro de control o de la torre de radio. El equipo a bordo deberá tener la certeza de que realmente hubo cambio de equipo, si esto no ocurre, la discrepancia será anotada en el informe de inspección.

Si estuviera programada la verificación de energía de emergencia, se inspeccionaría el alineamiento de curso y la sensibilidad de curso, volando primero cuando la estación estuviera operando con energía normal y entonces repetir la inspección en la misma altitud o sobre el mismo curso con la estación operando con energía de emergencia.

También es importante inspeccionar las ayudas asociadas con el VOR, tales como marcadores, auxilios luminosos que apoyan los mínimos de visibilidad de un procedimiento de aproximación, comunicaciones, luces de pista y servicios aeronáuticos, hasta una distancia que deberá apoyar los procedimientos

tos de vuelo por instrumentos.

Los detalles del desempeño del VOR son determinados a partir de los datos grabados obtenidos en el vuelo, los cuales son la base para el análisis final de la operación de la estación. Las grabaciones están siempre a la orden del equipo de mantenimiento para su consulta.

## CAPITULO V

### CRONOGRAMA DE TRABAJO Y COSTO DE LA ESTACION VOR/DME

#### 5.1 EL CRONOGRAMA DE TRABAJO

Al conjunto de actividades distribuidas en secuencia y en unidades de tiempo se le denomina cronograma de trabajo del proyecto que se quiere llevar a cabo. La distribución de la realización de las actividades en un tiempo determinado debe programarse en base del nivel de complejidad de la actividad y de los recursos disponibles para dicho estudio. El tiempo asignado representa la secuencia cronológica del desarrollo de las actividades, el control de la terminación de las mismas y la actualización del proyecto.

La unidad que se mantenga entre las actividades programadas y el tiempo asignado permite que el proyecto se desarrolle en forma sistemática al cual se le podrá introducir reajustes y modificaciones, según sea necesario. Para la realización del cronograma se debe determinar las actividades necesarias, la secuencia de la realización de las actividades

programadas y la distribución del tiempo requerido para cada una de las actividades. Entre las actividades que se llevaron a cabo en el presente estudio están:

- A. Investigación de las necesidades actuales de radioayudas en el Ecuador, tomando como base las radiayudas existentes. Tiempo estimado: 2 semanas, Fig. 5.1
- B. Elección del lugar probable en donde se va a realizar la instalación. tiempo estimado: 1 semana
- C. Exploración de la situación de factibilidad en el lugar elegido, de modo que permita detectar y analizar las dificultades de instalación, puesta en funcionamiento, control y recursos disponibles. Tiempo estimado: 2 semanas
- D. Solicitar informes a las fábricas de los equipos necesarios para la instalación. Tiempo estimado: 3 semanas
- E. Contratación del personal para realizar los trabajos topográficos, de asentamiento del terreno. Tiempo estimado: 4 semanas
- F. Construcción de la caseta de la estación. Tiempo estimado: 12 semanas.
- G. Montaje de las antenas. Tiempo estimado: 1 semana

- H. Colocación de los marcadores. Tiempo estimado: 3 semanas.
- I. Puesta la estación en funcionamiento. Tiempo estimado: 2 semanas.
- J. Pruebas en tierra y aire. Tiempo estimado: 2 semanas.

Todas las actividades tienen una secuencia lógica y si sumamos su duración nos da un total de 32 semanas, sin embargo, si a la vez que estamos realizando la actividad E realizamos la actividad D, entonces podemos ahorrar 3 semanas, lo que nos daría un total de 29 semanas (aproximadamente 7 meses) para la terminación del trabajo. Esto se lo puede observar más claramente mediante un diagrama de barras, como se muestra en la tabla III.

TABLA III

DIAGRAMA DE BARRAS

ACT	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
A	—	—																													
B			—																												
C				—	—																										
D					—	—	—																								
E					—	—	—	—																							
F								—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—									
G																						—									
H																							—	—							
I																										—	—				
J																													—	—	

## 5.2 COSTO DE LA ESTACION VOR/DME

El cálculo del costo requerido en el desarrollo de la investigación, de terminan en algunos casos la factibilidad y la conveniencia de su realización. En el presente estudio se debe dar especial atención no al costo que implica la construcción e implementación de una estación de radioayudas, sino más bien a la precisión que se debe obtener de los equipos elegidos. Siendo el Ecuador uno de los países que obtienen asesoramiento de la OACI en lo referente a la actualización de los equipos de comunicación, radioayudas y vigilancia (RADAR) a nivel aeroportuario, es entonces esta Organización la que indicará cuáles equipos se deben instalar para de esa manera conseguir una homogeneidad de sistemas operando en los aeropuertos adheridos a la OACI. De los equipos recomendados por la OACI, según el estudio realizado en el año 1987 donde se actualizaron los equipos de radioayudas a nivel nacional, los costos de los equipos duales VOR y DME eran de aproximadamente 15 millones de sucres, excluyendo la Tasa de Impuesto por transporte aéreo.

El costo de construcción de la caseta, el cual incluye mano de obra, transporte de materiales, costo de los materiales de construcción e imprevistos, se ha estimado en aproximadamente 4 millones de sucres, lo cual nos da un costo total de 19 millones de sucres.

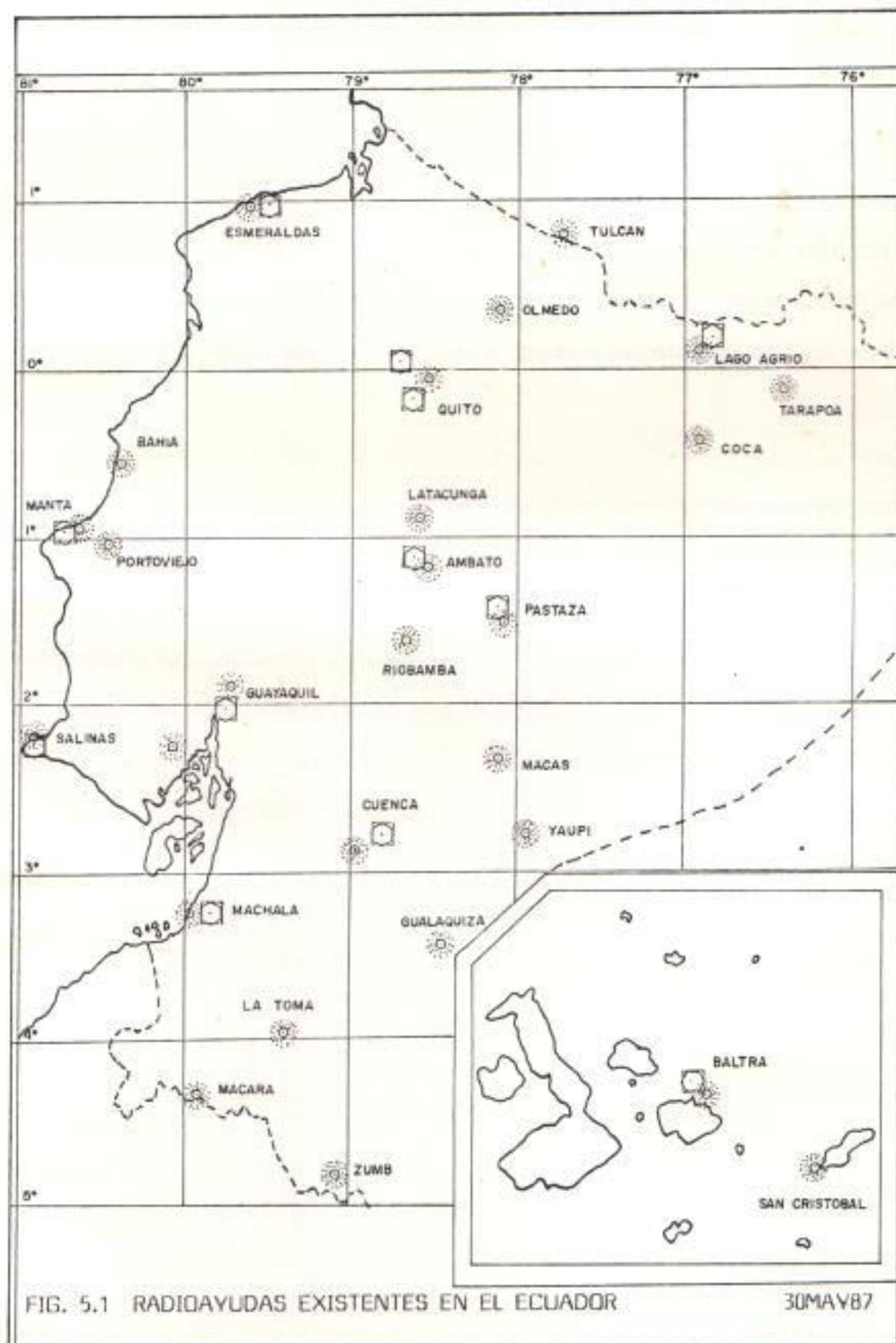


FIG. 5.1 RADIOAYUDAS EXISTENTES EN EL ECUADOR

30MAY87

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El VOR proporciona información de navegación a todo usuario que esté dotado de equipo a bordo especial, permitiéndole determinar su radial de situación respecto a un sistema de referencia ligado a la estación situada en tierra.

Este sistema que en conjunto con el DME exige en tierra instalaciones complejas, con grandes emplazamientos que tienen gran influencia en el comportamiento de la radioayuda y que precisa un equipo especial a bordo, se ha mantenido a la vanguardia de todos los sistemas radioeléctricos de navegación aérea por casi tres décadas, demostrándonos que se seguirán utilizando por muchos años, y de esa manera, la inversión que se realiza en la instalación está justificada plenamente.

Actualmente, la técnica que se utiliza en la circulación aérea es la asignación de trayectorias radiales o líneas poligonales llamadas aerovías, las cuales forman vértices en donde usualmente se establece una estación VOR/DME. Aunque esta técnica de aerovías no es la forma más racional de explotar el espacio aéreo, sí es la más sencilla para la tecnología de ayudas a la navegación vigente. En el futuro, debido al gran incremento en el tráfico aéreo, es presumible que se abandone el sistema de circulación aérea de líneas poligonales y sea sustituido por el sistema de circulación aérea por vectores, es decir, el recubrimiento de área con la necesidad de disponer de ayudas a la navegación que tengan la posibilidad de realizar la función de -

guiado en trayectorias múltiples.

Para finalizar este trabajo, se hacen las siguientes recomendaciones:

1. La estación VOR/DME debe tener estabilizadores de voltaje que compensen las grandes variaciones de energía existentes en San Cristóbal.
2. La estación debe estar implementada para un caso de falla de energía eléctrica con una planta eléctrica (si es posible, de transferencia automática) y/o baterías recargables, para que el servicio se mantenga en funcionamiento.
3. Los equipos de la estación, tanto el VOR como el DME, deben de tener su control remoto, de manera que no sea necesario personal residente ya que con este control las alarmas se transmitirían remotamente hasta el lugar del personal encargado de la estación.
4. Se deben realizar los mantenimientos preventivos en periodos cortos, garantizando el funcionamiento correcto de la estación.
5. La estación debe tener vigilancia para evitar posibles daños a la propiedad.

## BIBLIOGRAFIA

1. (AIP) Publicación de Información aeronáutica, I edición, 1965
2. (CCIR) Recomendaciones y Reportes del CCIR, Vol. XIII, 1982
3. (CIENTIFICA LATINA EDITORES) Enciclopedia de las provincias del Ecuador, Galápagos, 1983
4. (DGAC) Revista Aerovisión, Abril 1973
5. (ESPOL) Radioayudas para la navegación aérea, 1986
6. (GARCIA PALL) Aeronáutica: Volando VFR en condiciones meteorológicas adversas, Tomo V.
7. (NEVILLE J.) Radar equipment Course I, Plessey Radar Type AR15/2B
8. (NEVILLE J.) Radar equipment Course II, Secondary Servillance, Radar - Series 200.
9. (MPI) Manual de Procedimientos Instrumentales, III edición, 1987
10. (PALAYRET BERNARD) Soluciones logradas en Francia a los problemas técnicos que plantean la navegación aérea y la meteorología aeronáutica, Congresos latinoamericanos de aeropuertos civiles, 1972
11. (OACI) Telecomunicaciones Aeronáuticas, Anexo 10, Vol. I, III edición, - 1972
12. (VILLAD FREDDY) Tesis: Instalación de un radiofaro en la isla San Cristóbal, provincia Galápagos, 1975
13. (WILCOX MARK II) Guía de estudio del ILS, 1983
14. (WILCOX 585B) Manual del VOR, 1975
15. (WILCOX 596B) Manual del DME, 1975