

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

DIRECCION GENERAL DE AERONAUTICA CIVIL

CENTRO INTERNACIONAL DE ADIESTRAMIENTO

DE AVIACION CIVIL



IX-2 NAVEGACION AEREA AVANZADA

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
DIRECCION GENERAL DE AERONAUTICA CIVIL
CENTRO INTERNACIONAL DE ADIESTRAMIENTO
DE AVIACION CIVIL
MEXICO, D.F.

NAVEGACION AEREA AVANZADA

El presente texto se ha elaborado como un complemento y ampliación al denominado "Navegación Aérea Básica". En él se introducen algunos aspectos sobre Navegación de largas distancias utilizados actualmente por las Empresas Aéreas Comerciales en sus vuelos Transoceánicos.

Cubre aspectos de utilidad para las personas relacionadas con las Operaciones Aeronáuticas y especialmente para los Pilotos - Aviadores Comerciales.

El texto contiene los temas de Navegación Aérea de acuerdo a la estructuración de los cursos impartidos por el CIAAC.

I N D I C E

CAPITULO No. 1

PAGINA

G E N E R A L I D A D E S

MEDIDA DEL TIEMPO.	2
CARTAS AERONAUTICAS.	5
CARACTERISTICAS TOPOGRAFICAS	7
INFORMACION DE AERODROMOS	7
FACILIDADES DE RADIO	7
LUCES AERONAUTICAS	7
INFORMACION GENERAL.	8
LEYENDA	8
ESCALAS	8
CARTAS.	9
CARTAS RADIO NAVEGACION	10

CAPITULO No. 2

I N S T R U M E N T O S

SISTEMA PITOT Y DE PRESION ESTATICA.	20
EL ALTIMETRO DE PRESION	20
ERRORES DEL ALTIMETRO DE PRESION	21
ATMOSFERA TIPO	23
REGLAJE ALTIMETRICO.	23
DIFERENTES ALTITUDES	23
INDICADOR DE VELOCIDAD VERTICAL.	25
VELOCIMETRO	26

INDICADOR DE VELOCIDAD.	27
INDICADOR DE MACH.	27
LA BRUJULA MAGNETICA.	28
EL DESVIO.	28
OSCILACION.	29
ERROR POR VIRAJE.	29
ERROR POR ACELERACION.	30
VIRAJES CON REFERENCIA DE LA BRUJULA MAGNETICA.	31
CONOCIMIENTOS GENERALES DE LA BRUJULA MAGNETICA.	31
ISNTRUMENTOS GIROSCOPICOS.	33
INDICADOR DE VIRAJE E INCLINACION.	36
TEORIA DEL VUELO POR INSTRUMENTOS.	37
INDICADORES DE LOS INSTRUMENTOS.	37

CAPITULO No. 3

NAVEGACION POR ESTIMA.

TERMINOS COMUNES MAS USADOS EN LA NAVEGACION.	41
EFFECTO DEL VIENTO.	46
FORMULAS BASICAS DE ESTIMA.	47
COMPUTADORES.	48
VELOCIDAD - DISTANCIA - TIEMPO.	49
LECTURAS EN LAS ESCALAS.	50
PROBLEMAS DE PROPORCION.	50
EJERCICIOS Y PRACTICA.	51
LADO DEL COMPUTADOR CORRESPONDIENTE A LOS PROBLEMAS DE TRIAN GULO DE VELOCIDADES.	62

TRIANGULO DE VIENTO	63
COMPUTADORES "CSG"	73

CAPITULO No. 4

P R O B L E M A S D E E S T I M A .

POSICION SIN VIENTO.	78
TRAZADO DE LA POSICION DE ESTIMA	79
HORA ESTIMADA DE LLEGADA (ETA)	79
DETERMINACION DE LA DERIVA	81
PROBLEMAS ESPECIALES DE ESTIMA	81
PROBLEMA DE FUERA DE TRAYECTORIA	81
CORRECCION DE RUMBO	82
RUMBO PARA REGRESAR A LA TRAYECTORIA ORIGINAL	83
RUMBO DIRECTO AL DESTINO	83
PROBLEMA DE ENCUENTRO.	84
PROBLEMA DE ALCANCE	85
TECNICA Y PATRON DE BUSQUEDA.	85
BUSQUEDA POR PATRON DE CUADRO CRECIENTE	86
ASCENSO Y DESCENSO	86
RADIO DE ACCION	88
AUTONOMIA	88
PUNTO SIN REGRESO.	88
RADIO DE ACCION SIN VIENTO	89
RADIO DE ACCION CON VIENTO.	89
PUNTO DE EQUITIEMPO.	90

SOLUCION GRAFICA DEL RADIO DE ACCION CON REGRESO AL PUNTO DE PARTIDA	91
PROBLEMAS.	93
INTERCEPCION.	93
RADIO DE ACCION CON REGRESO A UN AEROPUERTO ALTERNO	95
METODO GRAFICO	95
SOLUCION CON COMPUTADOR	96
COMPUTADOR "CR"	97
EJECUCION DE RADIO DE ACCION A UN AEROPUERTO ALTERNO	99

CAPITULO No. 5

RADIONAVEGACION CON RADIOAYUDAS DE BAJA Y MEDIA
FRECUENCIA.

RADIOGUIAS DE ANTENA DE CUADRO (LOOP) "L".	100
RADIOGUIAS ADCOCK DE TRANSMISION SIMULTANEA.	102
IRREGULARIDADES DE LOS RADIOGUIAS	103
RADIOFAROS NO DIRECCIONALES.	103
RADIOGONIOMETRO AUTOMATICO (ADF).	104
RECEPCION INVERSA.	105
COMPONENTES.	106
MARCACIONES DE RADIO.	107
INDICADOR DE MARCACIONES DEL RADIOGONIOMETRO (ADF).	109
RECALADA CON EL RADIOGONIOMETRO AUTOMATICO (ADF).	112
INTERPRETACION DEL INDICADOR DE MARCACIONES DEL RA DIOGONIOMETRO AUTOMATICO (ADF).	114
INDICADORES DE LA AGUJA CON DERIVA.	116

RECALADA SIN CORRECCION DE DERIVA.	118
RECALADA CON VIENTO.	119
ALEJANDOSE DE LA ESTACION.	121
PASO SOBRE LA ESTACION	122
PROCEDIMIENTOS DE INTERCEPCION DE MARCACIONES MAGNETICAS. . .	124
PROCEDIMIENTO PARA INTERCEPTAR Y ALEJARSE DE LA ESTACION POR UN "QDM" DADO.	126
TIEMPO Y DISTANCIA A LA ESTACION.	128
CALCULO DE LA DISTANCIA CON EL COMPUTADOR.	131

CAPITULO No. 6

SISTEMAS DE NAVEGACION DE MUY ALTA FRECUENCIA

PATRON DE TRANSMISION DE UNA ESTACION VOR.	133
IDENTIFICACION DE LA ESTACION	133
IDENTIFIQUESE LA ESTACION ANTES DE USARSE CON FINES DE NAVEGACION	133
LA BANDA DE MUY ALTA FRECUENCIA (VHF).	137
EQUIPO VOR DE A BORDO.	137
SELECTOR DE MARCACIONES O DE RADIALES (OBS).	138
INDICADOR DE DESVIACION (CDI).	139
INDICADOR DE SENTIDO (TO-FROM INDICATOR)	142
INTERPRETACION DEL INDICADOR DE DESVIACION (CDI).	143
EL INDICADOR DE DESVIACION CON RELACION AL INDICADOR DE SENTIDO.	145
POSICION DEL AVION E INDICACION DE LOS INSTRUMENTOS USANDO RADIALES.	147

PASO SOBRE LA ESTACION.	147
POSICIONES VOR (FIX).	156
INDICADOR RADIO MAGNETICO (RMI).	156
EQUIPO MEDIDOR DE DISTANCIAS (DME)	158
TACAN (TACTICAL AIR NAVIGATION).	160
USO DE LAS ESTACIONES VOR EN RUTA.	160
PATRON DE ESPERA.	164
APROXIMACION ILS. TRAYECTORIA FRONTAL (FRONT COURSE). . .	166
APROXIMACION ILS. TRAYECTORIA TRASERA (BACK COURSE) . . .	166
PROCEDIMIENTO DE SALIDA.	166
PROCEDIMIENTO EN RUTA	169
DETERMINACION DE LA POSICION POR CRUCE DE MARCACIONES . .	170

CAPITULO No. 7

<u>SITEMAS DE RADIO NAVEGACION HIPERBOLICA</u>	172
--	-----

CAPITULO No. 8

OTROS SISTEMAS DE NAVEGACION ELECTRONICA.

CONSOL Y CONSOLAN.	181
SISTEMAS DE NAVEGACION DOPPLER.	186
COMPROBACION EN TIERRA	191
COMPROBACION DE LA COMPUTADORA DE NAVEGACION	191
OPERACION ANTES DEL DESPEGUE.	193
OPERACION EN VUELO.	193

SISTEMA DE NAVEGACION OMEGA ONS.	194
SISTEMA INERCIAL DE NAVEGACION (INS).	201

CAPITULO No. 9

ELEMENTOS DE NAVEGACION CELESTE.

EL SISTEMA SOLAR Y SU GALAXIA.	227
CONCEPTOS CELESTES BASICOS.	227
MOVIMIENTOS DE LOS CUERPOS CELESTES.	228
PRINCIPALES MOVIMIENTOS DE LA TIERRA.	230
APARIENCIA DEL CIELO EN LAS ESTACIONES.	233
ECLIPTICA.	234
ESTACIONES	235
MOVIMIENTOS DE OTROS CUERPOS CELESTES.	235
COORDENADAS CELESTES	237
CIRCULO DE ALTURAS IGUALES.	242
AZIMUT.	242
CALCULO DE ALTURAS Y AZIMUTES DE LOS ASTROS.	243
EL ALMANAQUE AEREO.	243
CALCULOS	245

CAPITULO No. 1

GENERALIDADES

Posición: Para situar un punto de la superficie terrestre, se utilizan las - coordenadas geográficas; esto es, la Latitud y la Longitud. Por tanto para localizar un punto del terreno se darán su - latitud y su longitud, invariablemente en este orden.

Latitud de un punto es el arco de meridiano comprendido entre el ecuador y el punto. Se cuenta de 0° a 90° . A partir del ecuador y hacia el Norte (N), o - hacia el Sur (S), según el hemisferio en que se encuentre el punto.

Todos los puntos que tiene la misma latitud, estarán en el mismo Paralelo - de Latitud. Es decir, están a la misma - distancia del ecuador y por tanto en una línea paralela a él.

Se llama diferencia de latitud al arco de meridiano medido entre los paralelos de dos lugares. La diferencia de - latitud entre dos lugares se obtiene restando sus respectivas latitudes cuando - son del mismo nombre, o sumándolas - cuando son de nombre contrario. La diferencia de latitud entre el Polo Norte y el Polo Sur será de 180° .

La diferencia en latitud entre dos lugares puede ser Norte o Sur, según que el segundo punto quede al Norte o al Sur del de referencia.

Longitud de un punto es el arco de - ecuador medido entre el meridiano de - origen y el meridiano del punto, se cuenta de 0° a 180° hacia el Este (E) o hacia el Oeste (W) del meridiano de origen.

Se llama meridiano de origen al semicírculo máximo que va de polo a polo pasando por el observatorio de Greenwich, Inglaterra. Meridiano de lugar es el semicírculo máximo que va de polo a polo y pasa por el lugar considerado.

Todos los puntos de un meridiano tienen la misma longitud.

La diferencia de longitud entre dos lugares es el arco de ecuador entre los meridianos de los lugares y su valor se obtiene restando sus respectivas longitudes cuando ellas son del mismo nombre, o sumándolas cuando son de diferente - nombre.

Sólo que se debe tener presente, que la diferencia de longitud no debe exceder de 180° . Cuando la suma exceda de 180° , el resultado debe restarse a 360° para encontrar la diferencia en longitud.

La diferencia en longitud será Este u Oeste, según que el segundo punto esté al Este o al Oeste del de referencia.

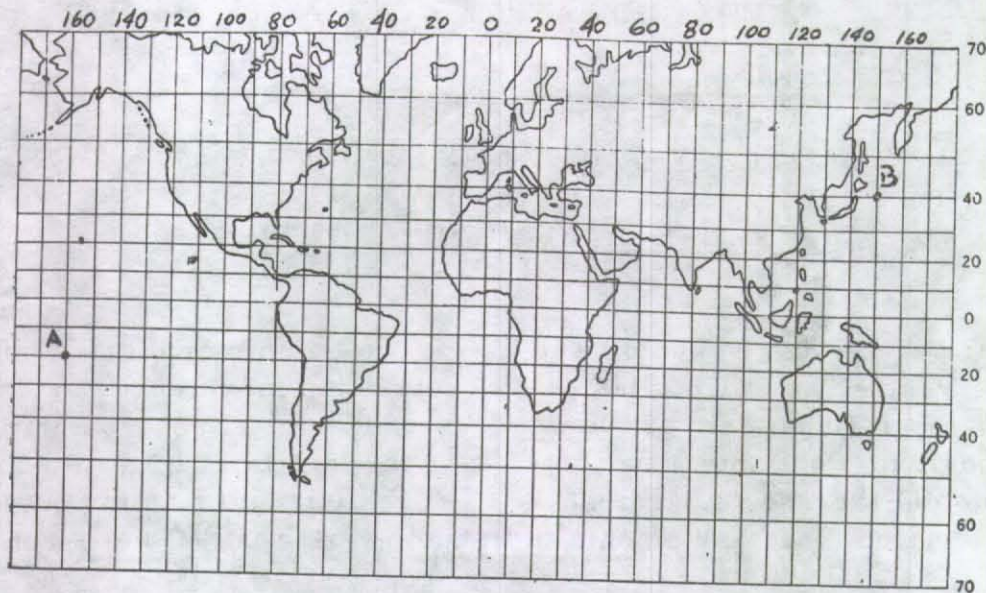
La latitud del punto señalado - como "A" en la Figura es _____ 20°S

La longitud de A es _____ 160°W

Las coordenadas geográficas - del punto "B", son Latitud _____ 40°N - Longitud _____ 150°E

La diferencia de latitud entre - "A" y "B", tomando como referencia "A", resulta _____ 60°N

GENERALIDADES



—Representación del mundo por medio de la proyección Mercator.

FIGURA No. 1

REPRESENTACION DEL MUNDO POR MEDIO DE LA PROYECCION MERCATOR

La diferencia de longitud entre "A" y "B", tomando como referencia "A", resulta 50°W

MEDIDA DEL TIEMPO.

La tierra efectúa una rotación completa de 360° con respecto al sol en 24 horas. El ecuador puede entonces dividirse en 24 horas con la misma lógica - que lo fué en 360° , viniendo entonces a corresponder 1 hora con 15° de diferencia de longitud.

De acuerdo con esta correspondencia entre el arco de ecuador y el tiempo, la longitud se puede expresar en horas, minutos y segundos de tiempo en lugar de grados, minutos y segundos de arco. La tabla siguiente muestra la equivalencia entre medidas de arco de ecuador y tiempo:

<u>TIEMPO A ARCO</u>	<u>ARCO A TIEMPO</u>
24 Horas = 360°	$1^\circ = 4$ Minutos

TIEMPO A ARCO

1 Horas =	15°
1 Minuto =	$15'$
1 Segundo =	$15''$

ARCO A TIEMPO

1' =	4 Segundos
1'' =	$1/15$ Segundos

Debido a la inclinación del eje de la tierra, a la excentricidad de su órbita y a otras irregularidades, la duración del día no es siempre igual y el sol algunas veces se adelanta al reloj y otras se retrasa. El tiempo medido con referencia al movimiento del sol real se conoce como "Tiempo Solar Verdadero" o simplemente "Tiempo Verdadero". Para muchos propósitos este tiempo verdadero no es satisfactorio, por lo que se ha supuesto un sol medio con un movimiento aparente y uniforme creándose entonces el tiempo medio. Un día medio se define como el tiempo empleado para una revolución completa de la tierra con respecto al sol medio.

Para evitar las confusiones que se presentan cuando cualquier cambio de longitud origina un cambio en la hora que puede tener cualquier valor, horas, minutos, segundos y hasta fracciones de segundos, se creó una hora de zona; a esta hora se le llama también Hora Oficial u Hora Legal y a ella están ajustados nuestros relojes. Originalmente cada zona de hora fué de 15° de diferencia de longitud, ubicando la primera zona en el meridiano de Greenwich; posteriormente las zonas horarias se han deformado por necesidades locales. Casi toda la tierra está dividida en Zonas Horarias y los límites de ellas aparecen en la carta H. O. 5192 publicada por la Oficina Hidrográfica del Departamento de Marina de los Estados Unidos. El mapa muestra las Zonas Horarias. (Figura No. 2).

En el territorio de la República Mexicana normalmente se tienen tres horas distintas. La mayor parte del territorio, incluyendo la Península de Yucatán, el Istmo de Tehuantepec y gran porción de la altiplanicie tienen la hora del meridiano 90°W ; es decir, del Huso o Zona Horaria $+6$. Este meridiano pasa aproximadamente por New Orleans, Mérida y Guatemala.

En los Estados de Nayarit, Sinaloa, Sonora y en el territorio de Baja California se usa la hora del meridiano 105°W , o sea el Huso o Zona Horaria $+7$. En el Estado de Baja California se usa la hora del meridiano 120°W , Huso $+8$.

En los países centroamericanos, con excepción de Panamá, se usa la Hora del Meridiano 90°W . Cuba, Panamá, Colombia, Ecuador y Perú usan la Hora del Meridiano 75°W . En los Estados Unidos se usan cuatro horas distintas: La Hora del Este o sea la del meridiano

75°W (Eastern Standard Time), la Hora del Centro, meridiano 90°W (Central Standard Time), la Hora de la Montaña, meridiano 105°W (Mountain Standard Time) y la Hora del Pacífico, meridiano 120°W (Pacific Standard Time).

Frecuentemente sucede que los lugares muy alejados del meridiano central de la zona horaria tiene dos horas oficiales diferentes, una correspondiente al invierno y otra al verano; es decir, durante un tiempo pertenecen a una zona y durante otro tiempo a la siguiente.

El número de la zona horaria, con un signo (+) o (-), constituye la descripción de la zona y es una corrección que debe aplicarse a la hora oficial del lugar a fin de convertirla en Hora de Greenwich.

La diferencia entre las horas oficiales de dos lugares en diferente zona horaria, es siempre, salvo raras excepciones, un número exacto de horas y es igual a la diferencia en longitud expresada en tiempo entre los dos meridianos centrales de sus respectivas zonas.

Aparentemente, el sol tiene un recorrido de oriente a poniente; en consecuencia, los lugares que quedan al oriente de nosotros tienen una Hora Mayor, es decir, en ellos es más tarde. En los lugares que quedan al poniente de nosotros, la Hora es Menor, es más temprana.

La hora oficial que corresponde a la zona horaria cero, se llama Hora Universal, Hora Media de Greenwich u Hora Civil de Greenwich; pero en aviación se le conoce simplemente como Hora "Z".

Entonces decimos: "Hora Z", es la-

GENERALIDADES

CARTA EN QUE SE VEN LOS HUSOS HORARIOS NUMERADOS DE 1 A 12

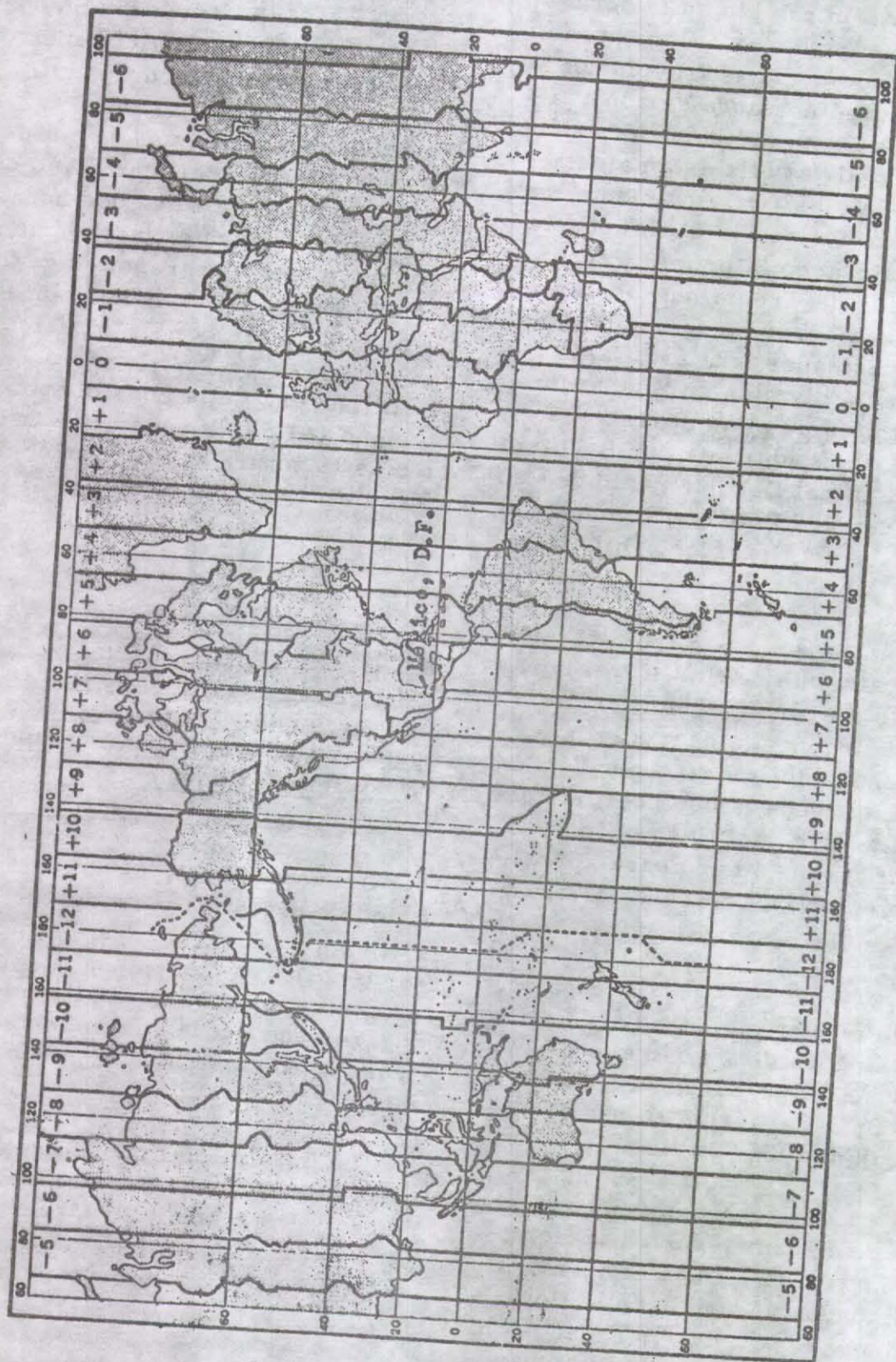


FIGURA No. 2

hora oficial o legal que corresponde al meridiano de Greenwich y es algunas horas más tarde que la empleada en América.

Para obtener la Hora "Z" partiendo de la hora oficial de un lugar de América, se suma a esta hora el número del Huso o Zona Horaria del lugar.

Para convertir Hora "Z" en hora de una determinada zona, será necesario aplicar a la Hora "Z" el número de la zona, pero con signo contrario.

El sistema de tiempo u Hora "Z" empleado en aviación está basado en el reloj de 24 horas empezando a contar el tiempo a la medianoche.

Las tres en punto de la mañana se escribe -
0300 y las 10:00 AM se
escribirá _____ 1000

La 1:00 PM se escribe
_____ 1300

Las 1800, significa ____ 06:00 PM

La Hora "Z" corresponde al _____ Primer Meridiano

La Hora "Z" es 6 horas más tarde que la hora oficial de México. Si la Hora "Z" es 0300 del día 5 de Julio, la hora oficial de México será _____ y 2100
la fecha _____ 4 de Julio

Hora del Este 1100, Hora "Z" _____ 1600
Hora en México _____ 1000

Señales Horarias se llaman a las -

emitidas por ciertas estaciones de radio para ajustar el reloj de las aeronaves. Posiblemente la más eficaz sea la WWV de Washington que transmite continuamente en las frecuencias de 2500 kc/s, 5000 kc/s, 10000 kc/s, 15000 kc/s, 20000 kc/s y 25000 kc/s un tono audible que se interrumpe cada 5 minutos. Durante la interrupción, se transmite la Hora "Z" en radiotelegrafía, seguido de una voz que anuncia: "Eastern Standard Time: This is WWV, when the tone return is ____". El tono vuelve exactamente en el instante que termina la voz y marca la hora anunciada.

CARTAS AERONAUTICAS.

Se designa con el nombre de Carta Aeronáutica la representación en un plano de una porción de la superficie terrestre diseñada especialmente para satisfacer los requisitos de la Navegación Aérea.

La información contenida en las Cartas Aeronáuticas representada por símbolos standard adoptados por la Organización de Aviación Civil Internacional (ICAO) puede considerarse de 5 tipos:

1. Topográfica: Hidrografía, cultura y relieve.
2. Información de Aeródromos: Características, límites de control, ayudas terrestres.
3. Facilidades de radio: Radiobalizas, torres de control, sistemas de aterrizaje por instrumentos, etc.
4. Luces Aeronáuticas: Balizas luminosas, luces de pista, etc.
5. Información General: Areas prohibidas de control de información, aerovías, Isógonas, etc.

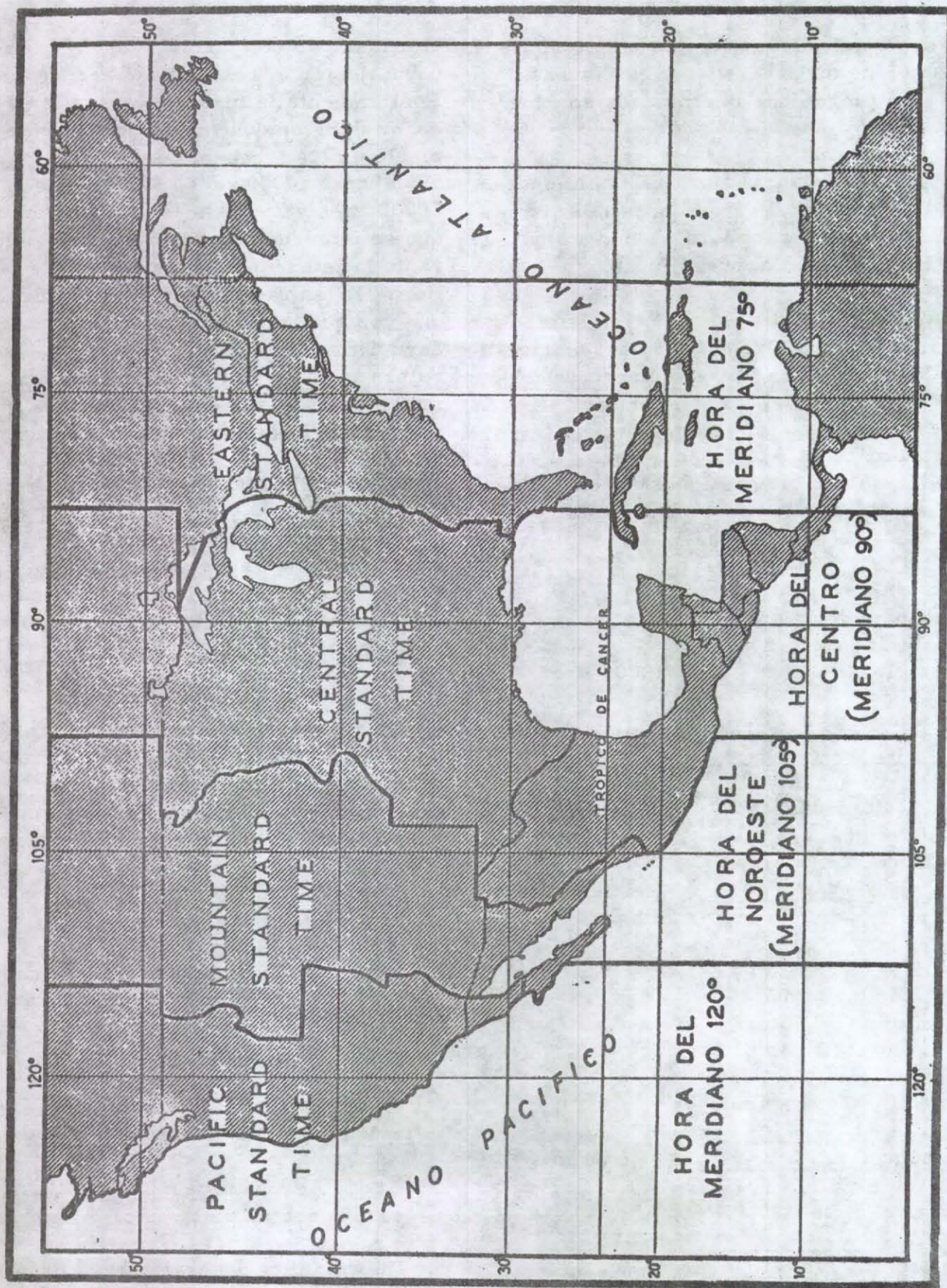


FIGURA No. 3

CARACTERISTICAS TOPOGRAFICAS.

La Hidrografía es la representación en color azul de los canales, corrientes, lagos, lagunas, áreas pantanosas, terrenos lodosos, represas, etc.

La cultura o características de construcción más notables son las ciudades, pueblos y aldeas, pero como no es posible señalar todas, se hace una selección basada en la importancia desde el punto de vista aeronáutico. Un pueblo de pocos habitantes y cercano a una gran ciudad tendrá muy poco significado en una carta aeronáutica. Sin embargo, un pueblo del mismo tamaño, pero aislado, la tendrá considerablemente.

Otras características de construcción que aparecen en las cartas son: Las carreteras, las líneas férreas, los pasos sobre o bajo nivel, los túneles, las torres de vigilancia en los bosques, canchales, minas, etc.

El relieve o diferentes elevaciones del terreno se incluyen también en las Cartas Aeronáuticas porque además de constituir posibles peligros en el vuelo, sirven como referencia para la navegación observada o por contacto.

La desigualdad de las elevaciones del terreno pueden representarse en las cartas de cuatro maneras diferentes:

1. Tintas de gradiente. Usándose las de color más oscuro para las mayores elevaciones.
2. Líneas de contorno. Aquellas que unen puntos de igual elevación y que pueden estar separadas de 1000 en 1000 pies.
3. Sombreado a las mayores elevaciones.

nes.

4. Cotas o puntos con el valor de la elevación mayor.

INFORMACION DE AERODROMOS.

No es posible representar todos los detalles de un aeródromo y sus facilidades por medio de símbolos en la carta, sólo se muestra aquella información que se considera esencial, tales como su elevación, la longitud de su pista principal, si se trata de superficie dura o no, facilidades de iluminación, aumentándose la información en los aeródromos mayores.

FACILIDADES DE RADIO.

Lo referente a radioayudas se explica ampliamente en otros capítulos, aquí sólo se mencionan las más importantes que aparecen con su correspondiente símbolo y características en las cartas más usadas, tales son: las de baja frecuencia, Radiofaros no Direccionales (NDB); los Radiofaros Omnidireccionales de Muy Alta Frecuencia (VOR) y los Marcadores Verticales de Muy Alta Frecuencia, todos ellos aparecen en la carta con su característica de frecuencia de transmisión y su identificación.

LUCES AERONAUTICAS.

En la navegación aérea moderna, se requieren ayudas que permitan efectuar vuelos seguros a pesar de no tener referencias terrestres y aún teniéndolas, que estas no sean visibles y aunque los equipos de radio son precisos y bastante confiables, están todavía sujetos a fallas mecánicas, eléctricas o condiciones atmosféricas. Consecuentemente, conviene familiarizarse con los símbolos con que se representan en la carta

las luces que no sólo representan una confirmación de la información obtenida por radio, sino también una fuente primaria de información cuando no se tiene la de radio en vuelos nocturnos especialmente en zonas montañosas. La principal ayuda luminosa consiste en faros giratorios localizados en los aeródromos y algunas veces a lo largo de porciones consideradas difíciles en las aerovías civiles. La mayoría de estas luces son blancas, usándose de color en casos especiales.

INFORMACION GENERAL.

Las áreas sobre las cuales está prohibido o restringido el tráfico de las aeronaves están clasificadas como zonas de precaución, de peligro y prohibidas.

Zonas de Precaución, son aquellas en que existen riesgos visuales para la práctica del vuelo, por lo que deberán evitarse. Se indican por medio de un achurado espaciado adyacente a sus límites.

Zonas de Peligro, son aquellas en que existen riesgos invisibles para el vuelo. El tráfico sobre ellas está prohibido sin la autorización específica de las autoridades que tienen su jurisdicción. Se indican en forma igual que la anterior, pero con achurado más justo.

Zonas Prohibidas, son aquellas declaradas como tal por decreto, en las que sólo se permite el vuelo de las aeronaves militares en misiones oficiales. Estas áreas se achuran completamente en la carta.

LEYENDA.

Esta palabra significa que "debe leerse", por lo que todas las notas que

aparecen al margen de la carta están allí para que se lean. Los símbolos de mayor importancia topográfica, cultural o aeronáutica, se representan y explican por notas. Cualquier condición anormal se explica.

Se incluye también en la leyenda una clave para la intensidad de las tintas, así como un índice que indica la relación de esa carta en particular con otras cartas aeronáuticas de diferentes series.

En algunas cartas y generalmente en el ángulo superior izquierdo, se imprimen cifras como la que sigue: N4400 W6600/200X600, lo que significa que esa carta se extiende al norte de la latitud 44°00'N y al oeste de la longitud 66°00'W y cubre 2°00' de latitud y 6°00' de longitud.

Es de suma importancia en las notas escritas la especificación de la clase de proyección en que es construida la carta, Lambert, Mercator o Estereográfica. Si se usa la proyección de Lambert, como es lo común, deberán indicarse los paralelos standard. La convergencia de los meridianos es la misma para todas las cartas basadas en los mismos paralelos standard, mientras que es diferente para cada una de las zonas de proyección al tratarse de diferentes paralelos standard. Esto es muy importante para algunos problemas de navegación.

ESCALAS.

Se llama escala de una carta a la relación entre las medidas hechas en las cartas y la correspondiente en el terreno.

La escala se representa en la carta en diferentes formas: en forma

numérica, o de relación, tal como 1:500 000, 1:1 000 000, etc., que se leen:

Uno es a quinientos mil, uno es a un millón, etc. Este tipo de escala también puede aparecer:

$$\frac{1}{500\ 000}, \frac{1}{1\ 000\ 000} \text{ etc.}$$

En las cartas de radiofacilidades se anota una escala de equivalencia que suele llamarse "Escala Hablada", por ejemplo: 1 pulg. = 15 millas náuticas.

En el primer tipo de escala debe interpretarse que una unidad cualquiera medida sobre la carta, representa 500 000 de las mismas unidades sobre el terreno. El segundo tipo de escala indica que cada pulgada medida sobre la carta representa 15 millas náuticas en el terreno.

En los márgenes de las cartas se encuentran las escalas gráficas que muestran el número de millas náuticas, terrestres o kilómetros que corresponden a cualquier distancia dada en la carta.

Estas escalas gráficas normalmente se dividen en intervalos de 10 unidades con un intervalo adicional de 10 unidades subdividido de una en una al principio

de la escala. De este modo es fácil medir cualquier distancia con bastante aproximación.

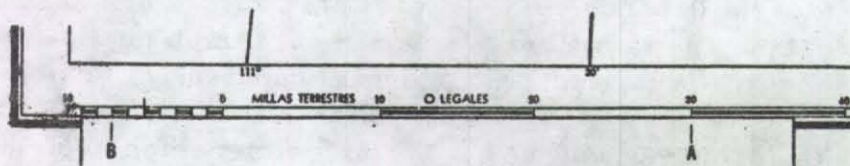
Por ejemplo, en la Figura No. 4, la distancia AB entre dos puntos de la carta es de 37 millas.

En todas las cartas algunos de los meridianos y paralelos se subdividen en minutos de latitud y de longitud. Esto hace más sencilla la operación de determinar la latitud y longitud en cualquier punto de la carta, o ubicar en la carta cualquier característica para la que es conocida la latitud y longitud. Además los meridianos subdivididos constituyen una escala de millas náuticas, ya que un minuto de latitud corresponde a una milla náutica.

Las escalas más usuales en las cartas aeronáuticas son:

1:250 000 Carta Local. Un milímetro en la carta representa 250 metros en el terreno.

1:500 000 Carta Seccional. Un milímetro en la carta representa 500 metros en el terreno.



MEDICION DE DISTANCIAS POR MEDIO DE LA ESCALA GRAFICA

FIGURA No. 4

1:1000 000 Carta Regional. Un milímetro en la carta representa 1 kilómetro en el terreno.

Las Cartas Locales se usan durante la aproximación en las aeronaves de alta velocidad en combinación con cartas de escala menor. También se destinan para navegación visual en aeronaves relativamente lentas. No se construyen para Navegación en Ruta. Generalmente cubren áreas pequeñas en torno a los principales aeropuertos.

Cartas Seccionales. - Estas cartas se destinan primordialmente para el vuelo visual, tienen abundancia de detalles y son apropiadas para la navegación a bajas altitudes. No todos los países están representados en cartas aeronáuticas de esta escala.

Cartas Regionales (WAC). - La Carta Aeronáutica Mundial, como también se llama, en escala de 1:1000 000, constituye la serie básica que representa todo el mundo; se hace en proyección conforme de Lambert con excepción de las correspondientes a latitudes mayores, en las que se utiliza la proyección estereográfica. La Carta Regional está destinada principalmente a satisfacer los requisitos exigidos para la navegación visual.

La elección de la carta depende de la velocidad del aeroplano, de la altitud de crucero y de la longitud de la ruta.

Evidentemente las aeronaves muy veloces requieren cartas de pequeña escala.

Un grado de latitud expresado en millas náuticas equivale a

En una carta se mide la distancia entre el paralelo 51°30'N y el 51°00'N y resulta de 11.112 centímetros. La escala de esa carta será: 1: _____

500 000

En esta misma carta, 1 pulgada representa _____ millas náuticas aproximadamente.

7

En la carta de escala 1: 500 000, la distancia representada por 10 pulgadas se ha recorrido en 18 minutos, las mismas 10 pulgadas, pero en una carta cuya escala es de 1:1000 000, se recorrerán en _____ minutos.

36

Cartas de Radionavegación. - La función de la carta de radionavegación es facilitar la tarea del piloto en la navegación utilizando las diferentes radioayudas y el cumplimiento de los procedimientos de los servicios de tránsito aéreo durante el vuelo a lo largo de las aerovías o de las rutas con servicio de asesoramiento.

La forma de la carta es cómoda para su fácil manejo en el puesto de pilotaje y la presentación de la información está de tal manera que pueda leerse e interpretarse fácilmente en distintas condiciones de luz natural y artificial.

Estas cartas son adecuadas para todas las áreas en que la Aviación Civil Internacional realiza sus operaciones.

La información contenida en las cartas se limita a la mínima compatible con la función de la carta.

Nórmalmente las cartas de radionavegación se hacen en proyección conforme de Lambert con objeto de que la

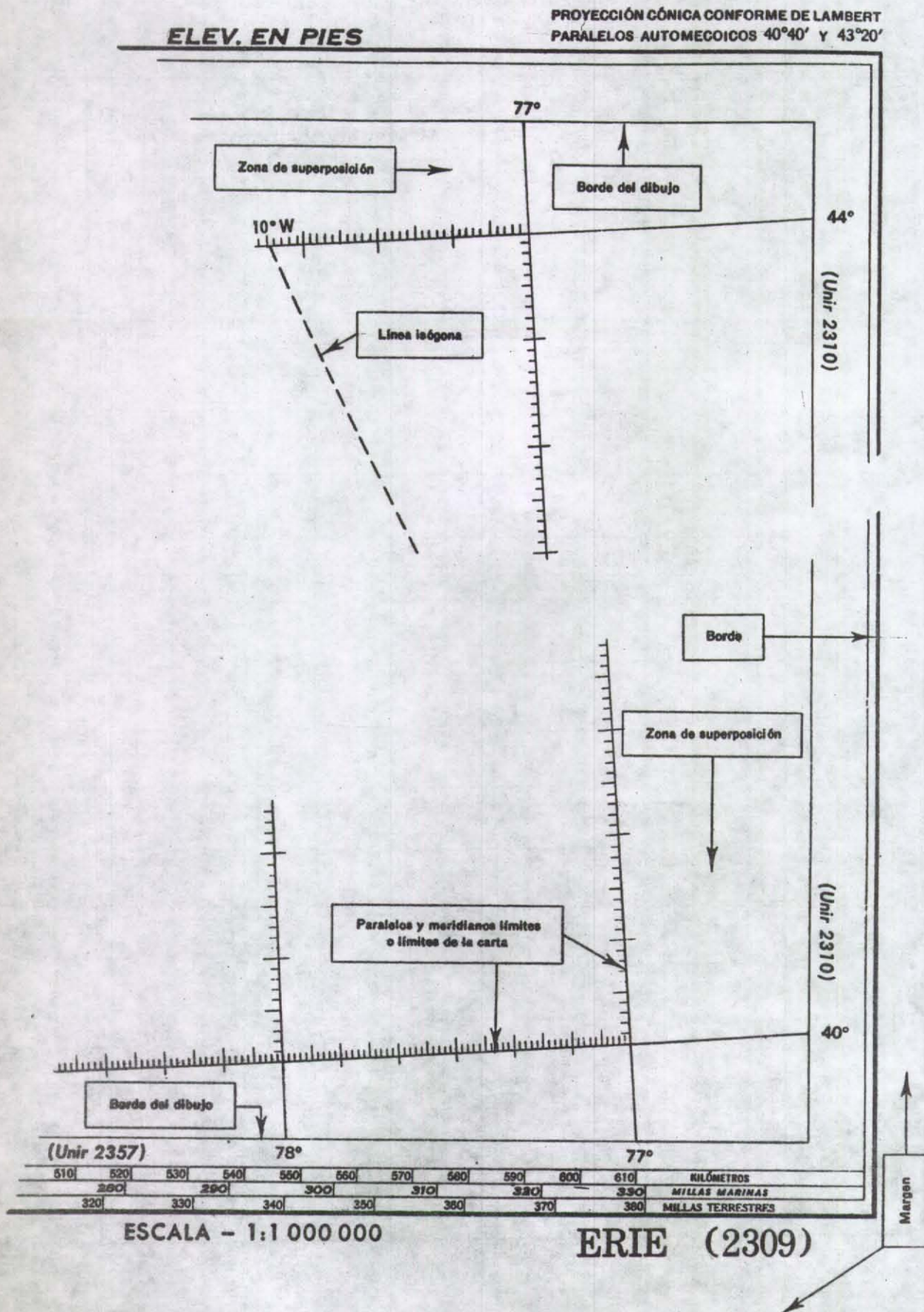
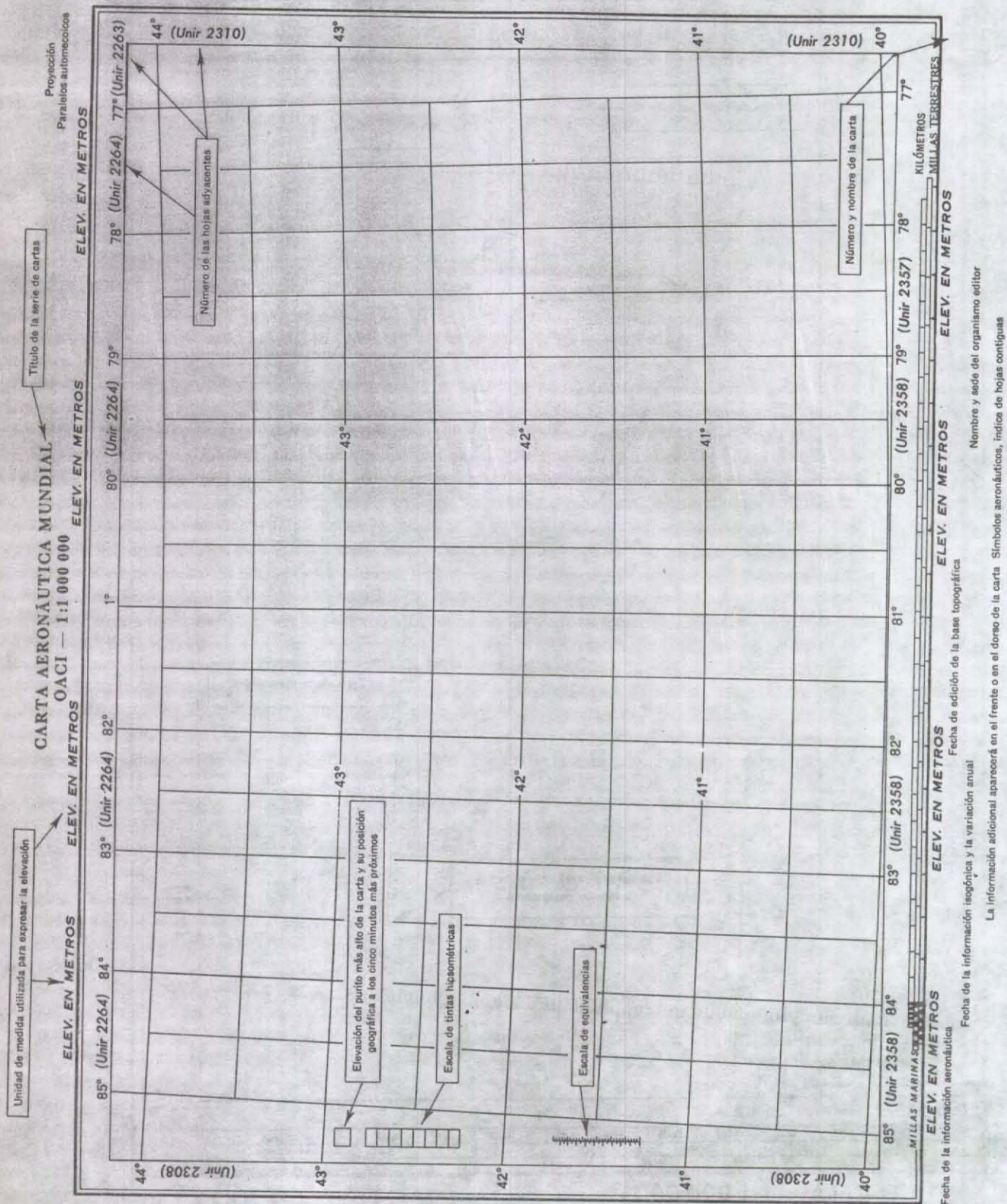


FIGURA No. 5
CARTA REGIONAL

APÉNDICE 7. — MODELO DE CARTA AERONÁUTICA MUNDIAL
OACI — 1:1 000 000



línea recta represente con suficiente aproximación el círculo máximo al mismo tiempo que pueda considerarse la escala como constante dentro de una misma carta.

Debido al grado variable de la aglomeración de la información en ciertas áreas, no puede especificarse una escala única para todas las cartas de este tipo.

Cada carta se identifica por un número de serie, habiendo series para Bajas y Grandes Altitudes.

Las Cartas de Radionavegación se han clasificado de la siguiente manera:

Cartas Standard de Salida por Instrumentos (Standard Instrument Departure "SID's").

Cartas Standard de Llegada por Instrumentos (Standard Terminal Arrival Route "STAR's").

Cartas para Altitudes Bajas (Low Altitude Enroute Chart "L").

Cartas para Grandes Altitudes (High Altitude Enroute Chart "H").

Cartas de Area Terminal (Area Chart).

Cartas de Aproximación (Approach Chart).

Las Cartas Standard de Salida por Instrumentos, están preparadas para aquellos aeropuertos que tienen establecidos procedimientos de instrumentos. Contienen las marcaciones magnéticas, distancias, altitudes e instrucciones especiales.

Cartas para Altitudes Bajas. Esta

serie comprende cartas que muestran: - aerovías de baja frecuencia, radiogúías, estaciones VOR, aerovías Victor, altitudes mínimas, algunas estaciones comerciales, e información general, asociada a la radionavegación. Se incluye en estas cartas una Lista de Frecuencias de Comunicación con las estaciones de tierra.

En algunas cartas de esta serie no es posible representar todas las aerovías debido al poco espacio disponible.

En general podemos decir que las cartas de radionavegación en ruta (Low and High), están designadas para obtener los siguientes datos:

- a) Información general acerca del vuelo planeado: Distancias, servicios disponibles, etc.
- b) Orientaciones o rumbos de los tramos de ruta, ya sea en las aerovías o fuera de ellas.
- c) Determinación de las rutas preferentes para vuelos IFR.
- d) Puntos recomendados de reporte.
- e) Datos generales complementarios para información a los pilotos.

La Figura No. 7, representa una carta de ruta para altitudes bajas.

El número 8 señala una baliza de radar (Radar Beacon "Racon"). La identificación de la baliza es _____

X-1-2-1

El área sombreada y marcada con el número 38, representa la zona donde puede trasladarse la carta siguiente, indicada por el número que aparece en

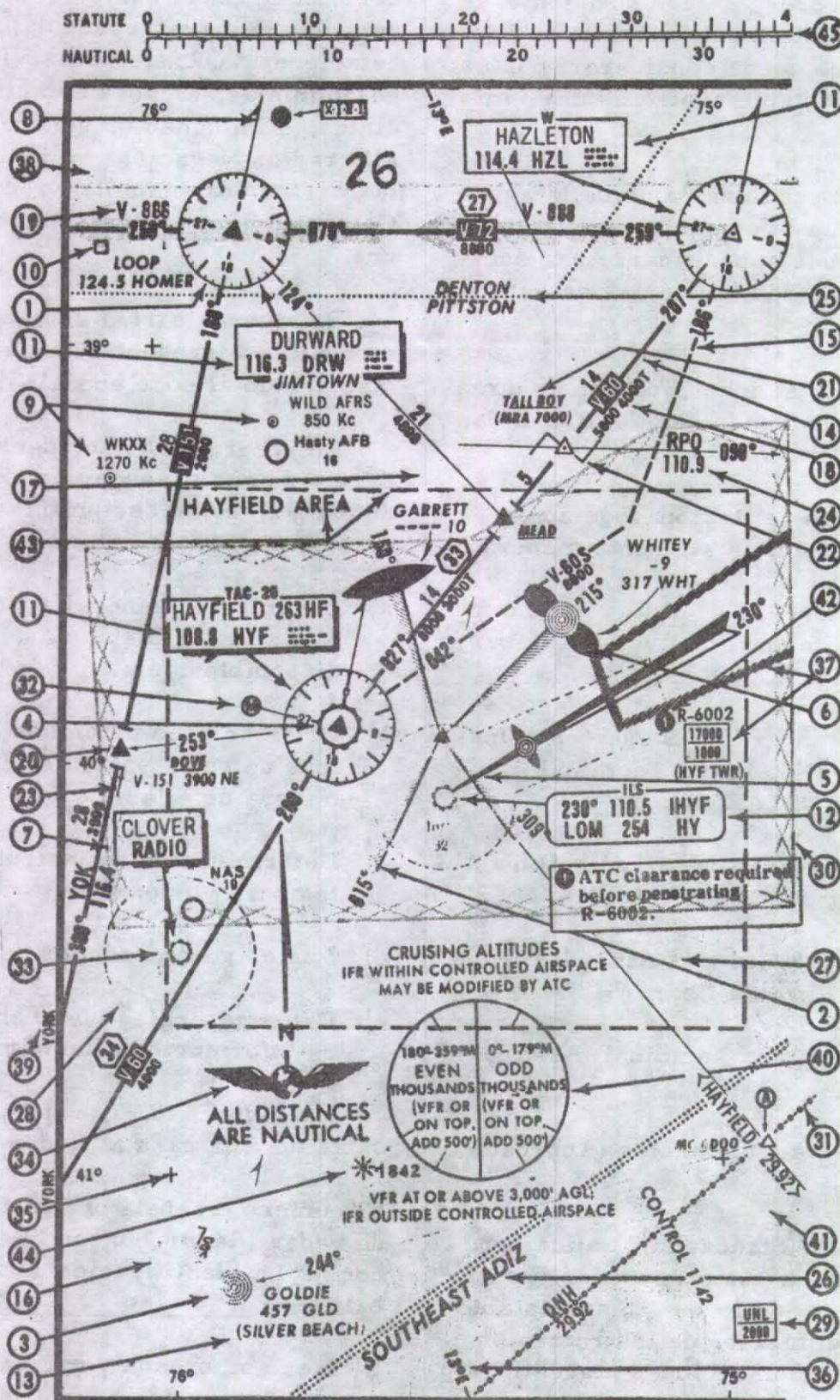


FIGURA No. 7

la propia zona y que en este caso es _____

26

La flecha número 19, va a "V-888". En estas cartas la serie V-800 representa rutas preferentes que se extienden a lo largo de las aerovías y se muestran con flechas sombreadas y en el sentido preferente. En este caso el sentido de la "V-888" es hacia _____

El Oeste

La flecha 1 apunta hacia una estación "VOR". En el centro de la rosa está un triángulo negro indicando que la estación es un punto de _____

Reporte-Obligatorio

La flecha 11 apunta hacia una casilla que contiene información acerca de la estación VOR. El nombre de la estación es Durward, la frecuencia de transmisión es _____ megacíclos y la identificación de la estación _____

116.3
DRW

Cuando es necesario complementar la información para alguna localidad, el nombre de la carta de aproximación correspondiente aparece en la parte inferior de la casilla de la radioayuda. La aproximación por instrumentos asociada a Durward está detallada en la carta de _____

Jimtown

La flecha 9 apunta hacia los símbolos representativos de las estaciones comerciales "WILD" es una estación de las Fuerzas Armadas (Armed

Forces Radio Station "AFRS") que transmite a una frecuencia de _____

850 KHz.

La estación comercial al oeste de WILD transmite a una frecuencia de 1270 Kc. y sus letras de llamada son _____

WKXX

La flecha 43 apunta hacia una línea de rayas y al nombre de la carta de área. La carta del área da información acerca de radioayudas, puntos de reporte, etc., los cuales deben existir para las operaciones finales que no muestra la _____

Carta de Ruta

La cobertura de la carta de área que debe contener información adicional de navegación está comprendida dentro del área limitada por la _____

Línea de Rayas.

La flecha 11 apunta la casilla correspondiente a Hayfield la línea sombreada de la casilla indica que Hayfield tiene completas las frecuencias standard _____

FSS

Cuando en el mismo lugar se tiene una radioayuda de baja o media frecuencia además del VOR, su frecuencia e identificación aparecen en la misma casilla de los datos del VOR. La baja frecuencia de Hayfield es _____ y su identificación _____

263 KHz.
HF

En el centro de la radioayuda de Hayfield se encuentra un triángulo negro, esto indica que se trata de un _____

Punto de Reporte-Obligatorio

El VOR de Hayfield es también un punto de reporte obligatorio, por eso en el centro aparece _____

Circunscrito al triángulo correspondiente al VOR de Hayfield hay un círculo con el borde ondulado y marcado con la flecha 4; éste es el símbolo del TACAN. En la parte superior de la casilla de Hayfield, está la información relativa al TACAN. El número del canal del TACAN es _____

La "E" indica "Non Standard-Distance Measuring Equipment".

Cuando el símbolo del TACAN está en el VOR, están asociados y su combinación provee información de azimut y _____

La flecha 20 señala un punto de _____

La flecha 7 apunta hacia la casilla correspondiente a una estación de comunicación de ruta con facilidad de voz no asociada con facilidades de radio navegación. La casilla sombreada indica que cuenta con las frecuencias completas _____

El símbolo indicado por la flecha 33, es un aeropuerto sin torre de control, pero con una estación FSS. Cuando el nombre del aeropuerto es el mismo que el de la radio facilidad, solamente se da la elevación.

Cuando una aerovía continúa -

Triángulo -
Negro

25

Distancia

Reporte Obligatorio

FSS

en otra carta se da el nombre de la siguiente facilidad, o de la intersección que sigue. La próxima facilidad señalada por la flecha 39, en York, su identificación se da sobre la aerovía como YOK y su frecuencia es _____

La flecha 28 señala los límites de la Zona de Control del aeropuerto de _____

Los puntos dispuestos en círculos concéntricos señalados por la flecha 3, es el símbolo correspondiente a un radiofaro no direccional, el nombre de este radiofaro es: _____

La información de Radio-Goldie no está dentro de una casilla debido a que esta facilidad no forma parte integrante de una aerovía y no tiene asociadas frecuencias de comunicación de ruta. En las cartas de aproximación por instrumentos y siempre que se necesite como una referencia de índice se muestra entre paréntesis el nombre del lugar cuando difiere del de la facilidad.

La Carta de Aproximación por Instrumentos correspondiente a Radio Goldie, se señala con la flecha 13 y está en listada bajo el nombre de _____

La flecha 11 apunta hacia Radio Hazelton. La "W" en la parte superior de la casilla indica que la estación no transmite a voz en la frecuencia de 114.4 Mc. La ausencia

116.4
MHz

Clover

Goldie

Silver
Beach

de la línea sombreada bajo de la casilla, indica que Hazelton tiene limitadas _____ disponibles para comunicación.

Frecuen-
cias FSS

La flecha 25 apunta hacia la división de dos áreas de control. La línea de puntos muestra los límites de las áreas controladas por diferentes centros; los nombres de los centros estan dados a cada lado de la línea. El centro correspondiente al área sur es _____ y el del Norte _____

Pittston
Denton

La flecha 15 muestra una aerovía alterna. Esta es alterna a la _____

V-60

La flecha 21 apunta hacia TALLBOY, el nombre del punto de reporte de la aerovía. La MRA (Altitud Mínima de Recepción) en Tallboy es _____ pies.

7, 000

TALLBOY es un punto de reporte _____

No Obligatorio

La flecha 18 apunta a 5, 000 - 4, 000 T. 5, 000 pies es la altitud mínima en ruta. La letra "T" adelante de 4, 000, indica que _____

Es la Altitud Mínima por obstrucciones del terreno.

La flecha 24 apunta hacia la frecuencia y la identificación de la estación empleada para localizar "Tallboy". La altitud mínima de recepción para utilizar RPQ desde Tallboy es _____

7, 000
pies

El símbolo señalado por la flecha 22 corresponde al lugar donde se debe hacer el cambio de frecuencia de un VOR a otro. Viniendo de Hazelton por la aerovía V-60, al pasar sobre Tallboy, se cambiará la frecuencia a la correspondiente al VOR de _____

Hayfield

El punto sobre el que debe hacerse el cambio de frecuencia se localiza a lo largo de las aerovías de tal manera que a cada lado de él se tengan condiciones óptimas de recepción de cada una de las estaciones VOR. Al sur de Tallboy en la V-60, la señal óptima proviene del VOR de Hayfield, al norte de Tallboy la señal óptima será la del VOR de _____

Hazelton

El número 5 entre Tallboy y Mead representa la distancia entre los dos puntos de reporte. Mead es un punto de reporte _____

Obligatorio.

La posición sobre Mead se determina con la ayuda del VOR de _____

Durward

Mead está localizado en el radial _____ de Durward.

124°

La distancia entre el VOR de Durward y Mead es de _____ millas náuticas.

21

Entre cada punto de reporte, obligatorio, o no obligatorio, se da siempre el millaje expresado en millas náuticas. La distancia total entre dos radioayudas a lo largo de una aerovía se expresa en millas

náuticas y dentro del exágono. El número 33 dentro del exágono que se encuentra en la aerovía V-60 entre Mead y Hayfield es la distancia total entre Hayfield y _____ Hazelton

La distancia total medida sobre la aerovía entre Hazelton y Durward es _____ millas náuticas.

27

En el punto de reporte Mead, la aerovía se ve cortada por dos pequeñas líneas, esto indica un cambio en la MEA (Altitud Mínima en Ruta). Volando de Hazelton a Hayfield sobre Mead, la MEA cambia de 5,000 pies a _____ 8,000 pies

La altitud mínima por obstrucciones del terreno cambia sobre Mead, de 4,000 pies a _____ 3,000 Pies

Cuando se trata de terreno montañoso, la altitud mínima por obstrucciones se establece en una aerovía 2,000 arriba de la mayor elevación, pero cuando el terreno es normal, solo a 1,000 sobre la mayor elevación. Si a lo largo de una aerovía aparece 6,000T sobre terreno considerado como montañoso, la elevación mayor en las proximidades será de _____ 4,000 Pies

Entre Hazelton y Durward, la MEA (Altitud Mínima en Ruta) es de 8,800 pies y 8,800 pies será también la _____ Altitud mínima por obstrucciones del terreno.

Cuando en una aerovía solamente aparece un número correspondiente a altitudes, este representa tanto la altitud mínima en ruta "MEA", como la altitud mínima establecida por obstrucciones del terreno. La MEA y la altitud mínima por obstrucciones entre Durward y York es _____ 3,900 Pies

La flecha 42 señala un círculo negro con el número "1" en su interior. Este símbolo indica que la información pertinente a su localización se encuentra impresa en la carta en algún espacio libre; en este caso esa información aparece en la casilla abajo y a la derecha del símbolo y corresponde a _____ R-6002

La flecha 37 indica una línea achurada, esta línea limita una _____ Area Restringida de vuelo.

Las altitudes de control para el área restringida de vuelo están contenidas en la casilla bajo la identificación del área. La altitud de control para R-6002 es entre _____ 1,000 y _____ 1,700 pies.

La estación que controla el área restringida está anotada bajo las casillas de altitudes. La Torre La R-6002 es controlada por _____ de Hayfield

La flecha 6 señala un marcador de abanico (con patrón de radiación en "ocho"). Este no Director se encuentra asociado con un _____ Radiofaro cional

La información de navegación de NDB asociado al marcador, se encuentra señalada por una flecha. Se dan el nombre, la distancia a la radiofacilidad - (RNG), la frecuencia y la identificación. La distancia del NDB al Radioguía (RNG) es de _____ millas náuticas.

9

La frecuencia y la identificación del NDB son _____

317 KHz
y WHT

Los marcadores situados en las piernas de los radiogufas se identifican por medio de rayas del Código Morse. Partiendo del norte y en el sentido de giro de las manecillas del reloj, el marcador situado en la primera pierna se identifica por una raya, el situado en la segunda pierna por _____

Dos
Rayas

Las rayas identificadoras de los marcadores aparecen como señal luminosa en el receptor especial en la cabina de la aeronave. Si en el receptor prenden serie de cuatro -

rayas, será indicación de que la aeronave esta pasando sobre el marcador de la pierna-

Cuatro

La flecha 5 apunta hacia el haz del localizador de un ILS; la flecha 12 hacia la casilla que contiene la información correspondiente al mismo ILS. El rumbo de entrada al localizador del ILS es _____

230°

La frecuencia para sintonizar el ILS es _____ y su identificación _____

110.5 MHz
IHYF

La radiobaliza de compás asociada al marcador exterior del ILS (LOM) se identifica como _____ y su frecuencia es _____

HY
254 KHz

La flecha 36 apunta hacia el valor de la variación magnética. Los valores de variación solo aparecen anotados en la parte superior y en la inferior de la carta. La variación magnética anotada en la parte superior de la carta es _____

13°E

CAPITULO No. 2

I N S T R U M E N T O S

SISTEMA PITOT Y DE PRESION ESTATICA.

Este sistema está constituido por dos partes principales. Una cámara de presión de impacto con sus líneas correspondientes y otra cámara de presión estática también con sus líneas. La cámara de presión de impacto contiene la presión proporcionada a través de un tubo pitot montado paralelo al eje longitudinal del avión y en un lugar donde el efecto de turbulencia sea mínimo. La cámara de presión estática contiene la presión atmosférica correspondiente a la altitud de vuelo, recibe esta presión a través de ventanillas localizadas usualmente a los lados del avión (Figura No. 8). Este sistema pitot y de presión estática alimenta para su operación a tres instrumentos básicos: Altímetro, Velocímetro e Indicador de Velocidad Vertical. Algunos sistemas están equipados con un calentador eléctrico para evitar la formación de hielo en el pitot.

El sistema pitot y de presión estática opera tres instrumentos básicos: _____

- Altímetro
- Indicador de Velocidad Vertical.
- Velocímetro.

El sistema pitot y de presión estática tiene dos cámaras la de _____ ori-
ginada por el movi-

miento del avión y la _____ que
corresponde al aire-
que rodea al avión.

Impacto
Estática

EL ALTIMETRO DE PRESION.

El altímetro es un instrumento instalado a bordo de los aviones y que se emplea para determinar la distancia vertical desde un plano de referencia, al avión.

El altímetro usado es el de tipo "sensible de presión" y su operación depende de la medida de cambios en la presión atmosférica con la altitud. En realidad puede decirse que el altímetro sensible es una modificación del barómetro anerode cuya carátula se ha calibrado en unidades de distancia (pies), substituyendo las unidades convencionales de presión (milibarios o pulgadas de mercurio).

Esencialmente, el altímetro está constituido por una cámara metálica hermética en la que se ha hecho un vacío, llamada cápsula anerode, capaz de sufrir deformaciones por cambios en la presión del aire exterior; estas deformaciones son compensadas por la tensión de un resorte y transmitidas mecánicamente a las agujas indicadoras del instrumento que se mueven en la carátula, la cual -en el caso del altímetro sensible- tiene una graduación aumentada - cada 20 unidades y numerada de cero a diez en algunos modelos con tres agujas indicadoras en tamaño diferente: la mayor da una revolución por cada mil pies de ascenso, proporcionando así lecturas

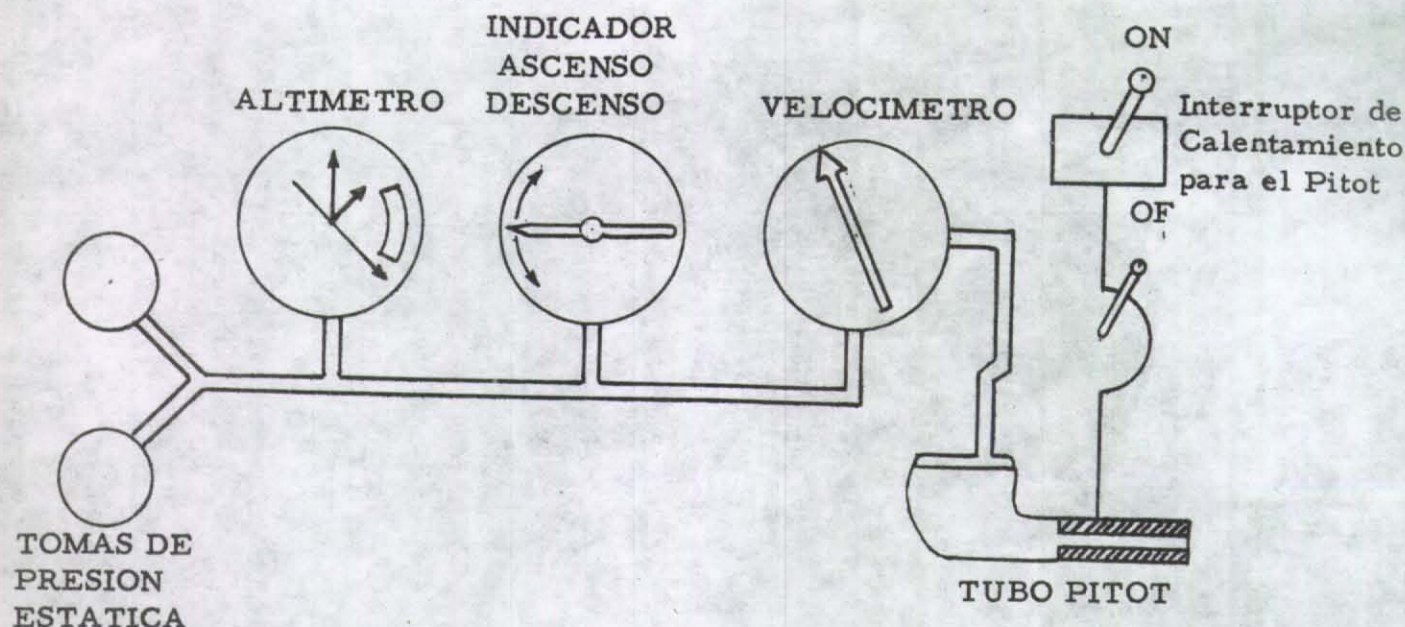


FIGURA No. 8

menores que esta cantidad; la de tamaño medio indica valores comprendidos entre mil y diez mil pies y la otra da, teóricamente, una revolución completa a los cien mil pies, sólo que en realidad y debido a limitaciones de construcción, sólo puede completar media revolución, dando lecturas menores a cincuenta mil pies. En la Figura No. 9 se muestran tres tipos diferentes de altímetros de presión.

En la carátula de los altímetros de presión, se encuentra una pequeña ventana con una escala barométrica graduada en milibarios y décimos de milibario, o en pulgadas y décimas de pulgada de mercurio, en el caso ordinario, esta graduación va de 28.0 pulgadas de mercurio ("Hg.) a 31.0"Hg. Esta escala se mueve manualmente por medio de un botón exterior para ajustar en el instrumento la presión correspondiente al plano de referencia seleccionado.

ERRORES DEL ALTIMETRO DE PRESION.

Básicamente, se considera que el al

tímetro tiene dos clases de errores:

- Error constante y
- Error variable

El primero, de carácter más o menos permanente, se debe a la propia construcción e instalación del instrumento. Este error se corrige de acuerdo a tablas de calibración o correcciones hechas para cada instrumento. En algunas tablas de este tipo se considera la corrección correspondiente para cada diferente lectura y la temperatura existente. También se obtienen tablas con factores de corrección al altímetro para compensar errores originados por la instalación en cada tipo de avión; este errores variable de acuerdo a las velocidades.

Los errores variables son causados por los cambios de presión y temperatura que sufre la atmósfera dentro de la cual se vuela. Estos errores pueden ser corregidos si los cambios de presión y temperatura son conocidos.

El instrumento está calibrado en una

INSTRUMENTOS

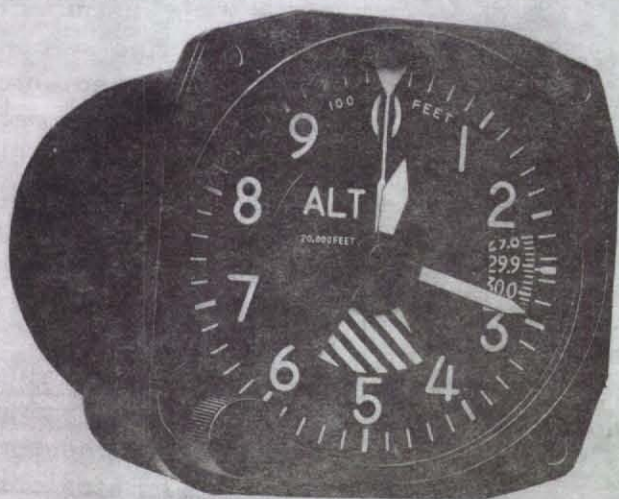
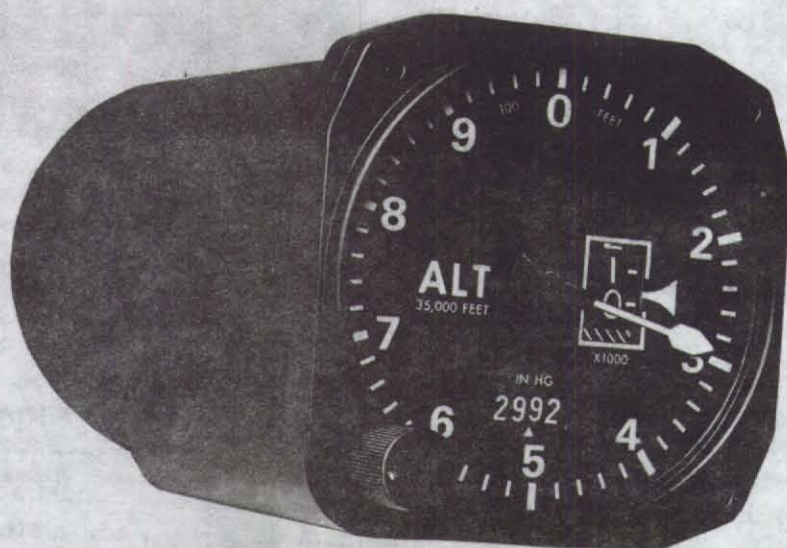
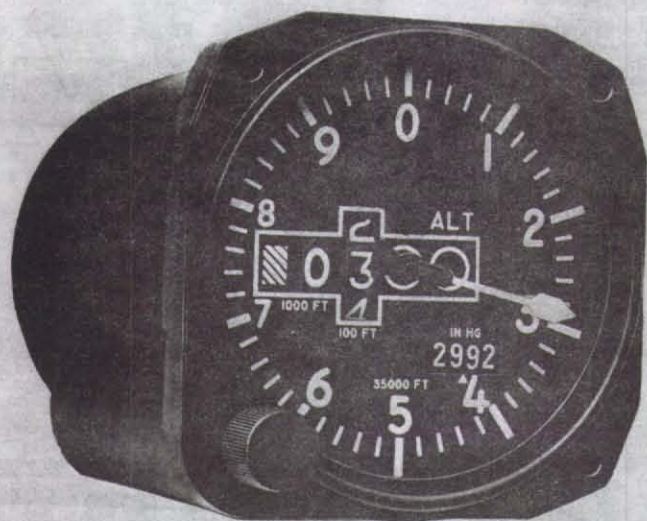


FIGURA No. 9

atmósfera tipo (standard); por tanto, cuando en la práctica no se tengan las condiciones de esa atmósfera tipo, se hace necesario corregir las lecturas para obtener la altitud verdadera.

ATMOSFERA TIPO.

Para la calibración de instrumentos y para estudios aerodinámicos, se ha creado una atmósfera teórica llamada "STANDARD o TIPO", con particularidades de presión y temperatura, cuyos valores varían en una forma más o menos regular con las altitudes.

La atmósfera tipo está definida por una serie de condiciones establecidas con fundamento en el promedio de presiones y temperaturas encontradas en la atmósfera a los 40° de latitud norte y su poniendo que existe un cambio definido en la temperatura y en la presión con la altitud. Sus características al nivel del mar son las siguientes:

- a) Temperatura 15°C (59°F).
- b) Presión 1013.2 milibarios, o la representada por una columna de mercurio de 760 milímetros (29.92 pulgadas).
- c) Densidad 123 grs/mts³.
- d) Se supone un gas perfecto sin vapor de agua.

Se publican tablas en las que aparecen los gradientes de presión y temperatura con la altitud; pero en la práctica y para cálculos rápidos en los que no se requiera mucha exactitud, pueden considerarse los siguientes cambios de presión y temperatura de la atmósfera tipo:

- a) De 0 a 10 000 pies, la presión disminuye aproximadamente 1"Hg. por ca-

da 1 000 pies que se asciende.

- b) De los 10 000 a los 20 000 pies, la presión disminuye aproximadamente 3/4"HG por cada 1 000 pies que se asciende.
- c) De 0 a 35 000 pies, la temperatura va disminuyendo aproximadamente 2°C por cada 1 000 pies que se asciende.

REGLAJE ALTIMETRICO.

Reglar un altímetro es ajustar en su escala barométrica un valor de presión que será la referencia para las lecturas de altitud que se hagan en él. Sin embargo REGLAJE ALTIMETRICO, se llama al valor de presión en tierra reducido al nivel del mar de acuerdo a una atmósfera tipo.

Al reglaje altimétrico, en el Código "Q" se le denomina "QNH" y el piloto puede obtenerlo de dos maneras:

- a) Mientras el avión está en el aeropuerto, pone manualmente las agujas de la carátula del instrumento indicando la elevación del aeropuerto; y así, automáticamente aparecerá en la escala barométrica el valor del reglaje altimétrico (QNH).
- b) También puede obtenerlo en vuelo cuando la torre de control se lo transmite por radio.

DIFERENTES ALTITUDES.

Los altímetros de presión pueden medir directamente solo dos tipos de altitudes según el ajuste que se haga en su escala barométrica. Pero además es necesario para ciertas operaciones considerar otras altitudes que se determinan por cálculos y gráficas, teniendo como-

elemento la lectura del propio altímetro.

ALTITUD PRESION.

También llamada altitud barométrica, es la lectura del altímetro cuando en su escala barométrica se ha ajustado el valor de la presión atmosférica que en la atmósfera tipo corresponde al nivel del mar, es decir 29.92"Hg., o bien 1013.2 milibarios. Este valor de presión, en el Código "Q" se denomina "QNE".

ALTITUD INDICADA.

Es la lectura del altímetro cuando en su escala barométrica se ha puesto el reglaje altimétrico (QNH).

ALTITUD VERDADERA.

Es aquella que tiene como referencia el nivel del mar, para determinarla es necesario conocer la altitud presión, la temperatura ambiente y, para mayor exactitud, la altitud indicada y la elevación de la estación que proporciona el QNH.

ALTITUD DENSIMETRICA.

Es una altitud teórica de cualquier parte o punto cuya densidad es igual a la de la atmósfera tipo en esa altitud. Puede definirse también como la altitud presión corregida por temperatura.

La Altitud Presión y la Altitud Densimétrica designan respectivamente, un valor de presión y un valor de densidad del aire. Si en un punto de altitud verdadera "X" hay una presión P_1 y una densidad D_1 , existen en la atmósfera tipo otras dos altitudes X_1 y X'_1 , en los cuales la presión tiene el valor P_1 para X_1 y la densidad el valor D_1 para X'_1 . Estas dos altitudes generalmente no coinciden

en la atmósfera real.

Altura se llama a la distancia vertical entre el avión y el terreno sobre el cual se vuela. También se le llama Altitud Absoluta.

La altura solo puede determinarse directamente y con exactitud con el radio altímetro.

Se puede obtener aproximadamente restando a la Altitud Verdadera la elevación del terreno.

Para comprender mejor la operación del altímetro de presión, se deben tener en mente los efectos de cambio de presión atmosférica sobre el instrumento.

El aire frío es más denso que el aire caliente. Por tanto, si la temperatura existente a la altitud de vuelo es mayor que la correspondiente a la atmósfera tipo a esa altitud, la altitud verdadera será mayor que la indicada en el altímetro. Si la temperatura real es inferior sucede lo contrario.

Lo anterior, dicho de otra manera:- Si con un reglaje altimétrico ajustado, se vuela de una masa de aire caliente a una de aire frío, el altímetro indicará una altitud mayor que la verdadera. Esta situación también es cierta cuando se vuela en una región de presiones decrecientes. Recuerdese: cuando se vuela de Alta a Baja, o de Caliente a Frío, la altitud indicada es MAYOR que la altitud verdadera.

Cuando se vuela de una área caliente hacia otra de aire frío, la lectura del altímetro será _____ que la altitud verdadera.

Mayor

Cuando se vuela de una área de baja presión hacia otra de alta presión, la altitud indicada será _____ que la verdadera.

Menor

Si la altitud aumenta, la presión atmosférica _____

Disminuye

El reglaje altimétrico se obtiene de la estación de tierra más próxima sobre la cual vuela el avión. Este valor se ajusta en la escala _____ del altímetro y las lecturas del instrumento serán _____

Barométrica. Altitudes indicadas.

En tierra y próximos a la estación que dio el reglaje altimétrico, la lectura del altímetro será la _____ del aeropuerto.

Elevación.

Un cambio de un décimo de pulgada en la escala barométrica del altímetro corresponde a un cambio de _____ pies en la lectura de altitud.

100

INDICADOR DE VELOCIDAD VERTICAL.

Este instrumento que indica la velocidad con que se asciende o se desciende, tiene una escala graduada en pies por minuto. Es en sí un manómetro diferencial muy sensible constituido esencialmente por una caja hermética dentro de la cual hay una cápsula flexible o diafragma, un tubo capilar y como parte del sistema de transmisión, un eslabón, una palanca, el eje principal, una cremallera, un piñón y la manecilla indicadora.

La presión atmosférica entra a tra-

vés de la toma estática siguiendo por un tubo que se bifurea, tomando una parte hacia el diafragma y la otra hacia el tubo capilar, el tubo capilar produce un efecto retardatorio en el paso de la presión, esta presión retardada llega al interior de la caja del instrumento.

Cuando un avión desciende se va encontrando presiones mayores, estas presiones llegan inmediatamente hasta el interior del diafragma; no así al interior de la caja del instrumento debido al efecto retardatorio del tubo capilar. Por tanto, sucede que mientras dure el descenso y por unos segundos más, la presión que existe en el interior del diafragma es mayor que la presión que actúa sobre el diafragma de afuera hacia adentro, dando por resultado que el diafragma se expanda. Esta expansión es directamente proporcional a la velocidad vertical o régimen de descenso.

En el ascenso sucede exactamente lo contrario.

Poco tiempo después de nivelar el avión, se igualarán las presiones interna y externa del diafragma y la manecilla regresará a cero.

Algunos instrumentos tienen un tornillo que sirve para ajustar la posición de la aguja indicadora a cero cuando se vuela nivelado.

Las indicaciones del instrumento son fidedignas en atmósfera en calma. En aire turbulento sus indicaciones son erróneas.

Debido al retraso característico de este instrumento, si un piloto se guiara por él para mantener el eje longitudinal del avión en posición horizontal, se describiría una trayectoria ondulada.

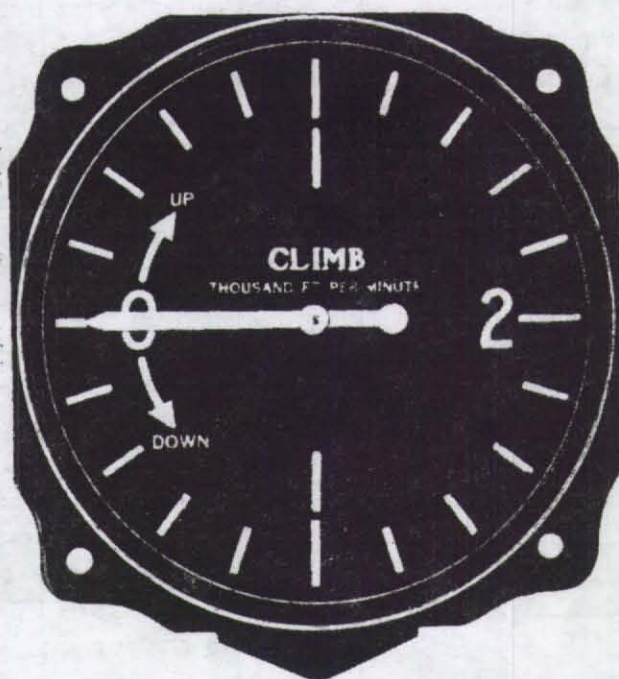


FIGURA No. 10

VELOCIMETRO.

Este instrumento recibe dos presiones una es la estática que corresponde a la presión atmosférica no perturbada a la altitud de vuelo y la otra es la de impacto o total que es la existente en las líneas más la originada en el tubo pitot por el movimiento del avión. la diferencia de la presión de impacto o total y la presión estática se llama presión dinámica y es la que el velocímetro mide.

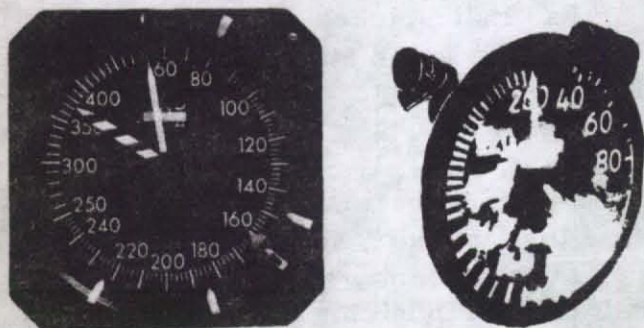


FIGURA No. 11

En tierra las dos presiones son iguales. pero al desplazarse el avión a través del aire la presión de impacto va aumentando. esto causa que un diafragma en el instrumento se expanda y actúe a través de un sistema de palancas y engranes una manecilla indicadora de la velocidad a la cual el avión se está moviendo. La lectura en el instrumento se llama Velocidad Indicada (IAS); el instrumento como toda instalación mecánica. puede tener errores, si estos están determinados y se aplican a la lectura del instrumento. se obtiene la Velocidad Calibrada (CAS). La Velocidad Indicada (IAS). o en su caso la Velocidad Calibrada (CAS) debe corregirse por temperatura y altitud para obtener la Velocidad Verdadera (TAS), que es aquella con la cual el avión se desplaza con respecto al aire que lo rodea, a esta velocidad también se le conoce como Relativa.

Mientras mayor sea la altitud a la que vuela el avión la densidad del aire

que lo rodea será menor y por tanto la presión ejercida en el tubo pitot será también menor mientras mayor sea la altitud de vuelo. La velocidad verdadera (TAS) aumenta con la altitud cuando la velocidad indicada (IAS) permanece constante. A grandes velocidades y altitudes, el bulbo del termómetro se calienta por fricción y el aire en el tubo pitot se comprime, esto origina errores en la indicación de temperatura y de velocidad. La compensación de estos errores puede hacerse con tablas, ó en forma más simple y directa usando el computador "CR-Jeppesen" que tiene una escala para corrección de compresión y fricción llamada de "Huber". Para distinguir esta velocidad de la Velocidad Verdadera (TAS) no corregida por compresibilidad, se le llama Velocidad Equivalente (EAS). El efecto de compresibilidad difiere con las diferentes altitudes. Los velocímetros se corrigen por este efecto solo para las condiciones de la atmósfera al nivel del mar, para otras altitudes, el efecto en el velocímetro puede determinarse por medio de la escala basada en la relación entre la altitud presión y la velocidad calibrada.

En el siguiente ejemplo puede apreciarse la diferencia entre la velocidad corregida y no corregida por compresibilidad y la temperatura corregida y no corregida por fricción.

Datos: Velocidad Calibrada (CAS) 310 K
Altitud Presión (PA) 23 000 pies
Temperatura Indicada -25°C

(1) Solución: Sin corrección de compresibilidad y fricción

Velocidad Verdadera (TAS) 450 K
Temperatura -25°C

(2) Solución con corrección de compresibilidad y fricción:

Velocidad Equivalente (EAS) 419 K
Aumento de Temperatura 18°C
Temperatura Real -43°C

En este caso, la fricción actuando sobre el bulbo del termómetro hizo que este indicara 18°C más que la temperatura exterior. En la parte correspondiente a computadores se tienen diferentes ejemplos para determinar velocidad verdadera (TAS) y velocidad equivalente (EAS).

INDICADOR DE VELOCIDAD VERDADERA.

Este instrumento da el valor de la velocidad verdadera en una forma continua y automáticamente corrigiendo no solo por presión y temperatura sino también por efecto de compresibilidad y fricción a altitudes y velocidades mayores. Por lo menos tres cálculos separados son eliminados con el uso de este instrumento.

INDICADOR DE MACH.

La compresibilidad viene a ser más que una simple corrección instrumental cuando la velocidad del avión se aproxima a la velocidad del sonido, a esta tan alta velocidad, la perturbación en el flujo normal del aire debida a la compresibilidad crea limitaciones en la operación que dependen de la relación entre la velocidad del avión y la velocidad del sonido en el aire existente a la altitud de vuelo, la relación entre estas dos velocidades se llama "Número Mach" (M). Un avión volando a la velocidad del

sonido bajo las condiciones de temperatura existente, su "M" será igual a uno ($M = 1.0$), si el Número Mach es menor que 1.0, tendrá velocidad subsónica y si es mayor que 1.0, será supersónico. El término "transónico" se emplea para referirse a velocidades muy próximas, por arriba o por abajo al Número Mach 1.0.

El indicador de Número Mach (Mach Meter) puede tener el aspecto de un velocímetro normal solo que con dos agujas, una dando la velocidad indicada y otra la máxima velocidad tolerable, de acuerdo a los cambios de altitud y densidad del aire, además un sub-dial en la misma carátula del instrumento indica el Número Mach a que está volando el avión. Hay otro indicador de Mach que solo tiene una carátula graduada en unidades y décimos y el puntero correspondiente.

LA BRUJULA MAGNETICA. (Magnetic-Compass).

La brújula magnética, en término de sus errores, limitaciones y características generales durante el vuelo, es uno de los más importantes instrumentos desde el punto de vista de la navegación, un instrumento buscador de dirección, mecánicamente simple e independiente.

Por tanto, puede considerarse que las lecturas de la brújula siempre están a disposición del piloto y la confianza que en ellas tenga depende del conocimiento y correcta comprensión de los errores inherentes.

Los errores de la brújula magnética que el piloto debe comprender son:

La VARIACION, es el ángulo formado entre el meridiano verdadero y el meridiano magnético de un lugar el cual se

mide en grados hacia el Este o hacia el Oeste, según que el Norte Magnético quede al Este o al Oeste del norte verdadero.

El valor de la VARIACION y su signo Este u Oeste, se encuentra en las cartas aeronáuticas a lo largo de las líneas llamadas Isógonas.

Para convertir una dirección VERDADERA a dirección MAGNETICA, posiblemente al piloto le sea fácil recordar que: DE VERDADERO A MAGNETICO EL ESTE ES MENOS Y EL OESTE ES MAS.

EL DESVIO.

Este error se debe al campo magnético del propio avión que hace que la aguja de la brújula se desvíe de la orientación N-S magnética. Para reducir, o anular esta desviación, toda brújula tiene unos imanes Compensadores. La operación de compensar una brújula debe hacerse periódicamente y aquellos desvíos que no puedan compensarse se anotan en la llamada tablilla de desvíos.

La presencia de objetos metálicos tales como computadores, lámparas, llaves, etc., en las proximidades de la brújula originarán desvíos que no se encuentran tabulados y en este caso sus lecturas serán absolutamente erróneas.

El DESVIO, igual que la VARIACION puede ser Este u Oeste, según que el Norte de la brújula se desvíe al Este o al Oeste del Norte Magnético.

Para encontrar el rumbo de la brújula correspondiente a un rumbo magnético dado, recuerdese: DE MAGNETICO A BRUJULA EL ESTE ES MENOS Y EL OESTE MAS.

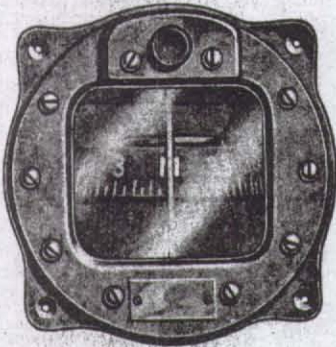


FIGURA No. 12

OSCILACION.

Este error es originado por movimientos del plano horizontal de la brújula que se manifiesta básicamente cuando se vuela en turbulencia.

El valor de este error no puede determinarse y por tanto, tampoco corregirse.

Las líneas de fuerza magnéticas de la tierra pueden en general descomponerse en dos fuerzas, una vertical y otra horizontal, estas componentes cambian de valor de acuerdo con la latitud, siendo la horizontal máxima en el ecuador e igual a cero en los polos, con la vertical sucede lo contrario, es decir, vale cero en el ecuador y es máxima en los polos.

La componente horizontal, podemos decir que es la directriz de la brújula magnética o sea la que hace que la aguja apunte al norte, pero la componente vertical origina errores que limitan el uso de este instrumento y son más notables en ciertas condiciones.

ERROR POR VIRAJE.

Este es un error muy significativo sobre todo cuando los virajes se inician a partir de los rumbos norte o sur.

Cuando se inicia un viraje partiendo

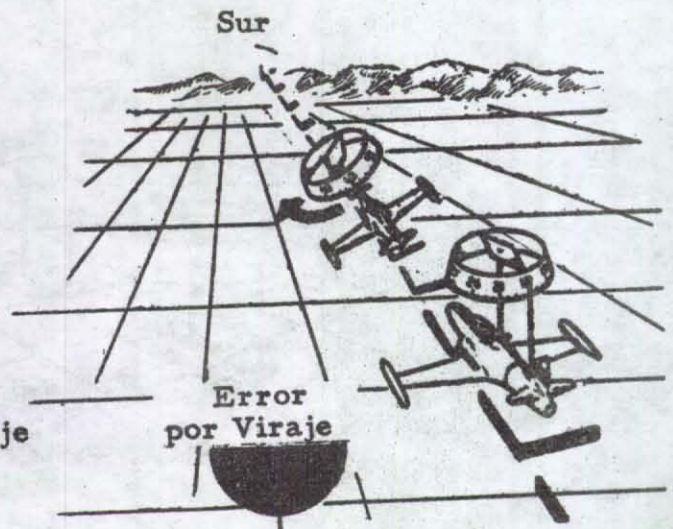
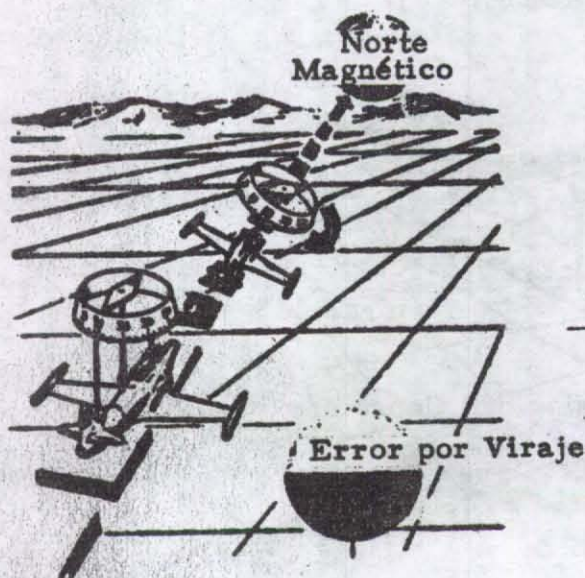


FIGURA No. 13

del rumbo Norte, se puede notar que momentáneamente la brújula da una indicación en dirección opuesta a aquella en que realmente se está haciendo el viraje. (Mientras que la rosa permanece inclinada, la componente vertical del magnetismo terrestre hace que los extremos de los imanes que apuntan al Norte sean atraídos hacia dentro del viraje dando el error en la indicación del viraje). Si se continúa el viraje hacia el Este, o hacia el Oeste, la brújula empezará a indicar el viraje en dirección correcta, pero con retraso.

Como una demostración complementaria, se puede mantener la brújula indicando "N" mientras que se aplica una inclinación de unos 3 o 4 grados, con esto es posible cambiar el rumbo hasta 20° o más, mientras que la brújula sigue indicando "N".

Cuando se inicia un viraje partiendo del rumbo Sur, la rosa tiende a girar en sentido opuesto al viraje; como con-

secuencia la brújula indicará correctamente el sentido del viraje, pero a una velocidad mayor; en otras palabras, se adelanta.

Todo lo dicho es aplicable en el hemisferio Norte, en el hemisferio Sur sucede exactamente lo contrario.

ERROR POR ACELERACION.

Este error también se debe a la componente vertical del magnetismo terrestre y es más significativo a los rumbos Este y Oeste.

Rumbo al Este, cuando se aumenta la velocidad (acelera), aunque la nariz se mantenga en la misma dirección, la brújula indicará un viraje al Norte. Por otra parte, si se disminuye la velocidad (desacelera), la brújula indicará un viraje al Sur.

Rumbo al Oeste, sucede exactamente lo mismo.

ERROR POR ACELERACION

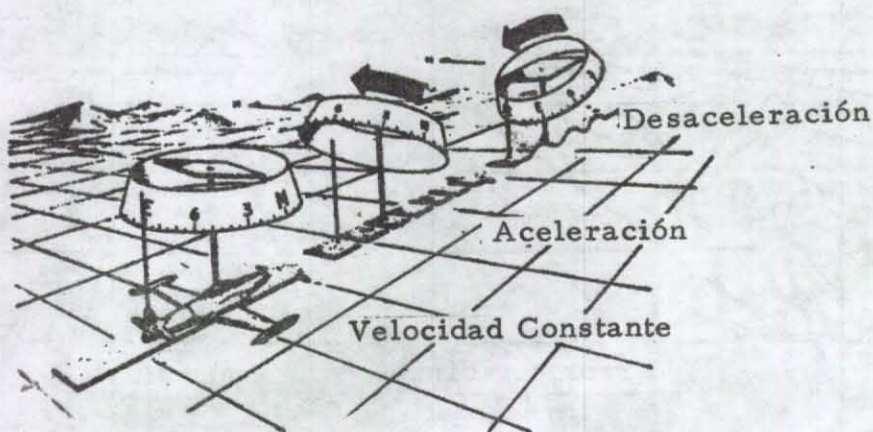


FIGURA No. 14

VIRAJES CON REFERENCIA DE LA BRUJULA MAGNETICA.

Cuando se hace necesario hacer virajes atendiendo solo a las lecturas de la brújula magnética, se establece una referencia angular complementaria para empezar a sacar el viraje oportunamente y finalmente quedar aproado al rumbo deseado.

Para hacer los virajes atendiendo a estas lecturas, se recomienda un banco que no exceda de 15° .

Los ángulos de referencia complementarios se establecen de la siguiente manera:

Cuando se vire a un rumbo NORTE, se debe permitir, en adición a la referencia normal, un número de grados aproximadamente igual a la latitud a la cual se vuela.

Ejemplo: Supongamos un viraje a la izquierda para alcanzar el rumbo Norte, en un lugar de latitud aproximada de 20°N . Se termina previamente la referencia normal, en este caso de 5° , correspondiente al banco de 15° . Se inicia el viraje y se empezará a sacar cuando la lectura de la brújula sea de 25° .

Cuando se vire a un rumbo SUR, se debe permitir que la lectura de la brújula rebase el ángulo de referencia normal en un número de grados aproximadamente igual a la latitud.

Ejemplo: Supongamos un viraje a la derecha para alcanzar el rumbo Sur, en un lugar de latitud aproximada de 20°N . Se deter

mina previamente el ángulo de referencia normal, que como en el caso anterior es de 5° . Se inicia el viraje que se empezará a sacar hasta que en la brújula se lea 195° . Este valor se ha obtenido de la siguiente manera: siendo el rumbo deseado de 180° y la referencia normal de 5° , el viraje se debe sacar cuando el rumbo sea 175° ($180 - 5 = 175$); en el compás este valor se debe dejar rebasar un número de grados aproximadamente igual a la latitud, en este caso 20° , por tanto la lectura al empezar a sacar el viraje será de 195° ($175 + 20 = 195$).

El error es prácticamente despreciable cuando se vira hacia rumbos Este u Oeste, así que en estos casos solo se toma el ángulo de referencia normal de acuerdo con el ángulo de banco.

Para virajes a rumbos intermedios entre los puntos cardinales se tomará un ángulo de referencia aproximado de acuerdo con el mejor criterio y atendiendo a si el rumbo deseado se acerca al Norte, o al Sur, o al Este u Oeste.

CONOCIMIENTOS GENERALES DE LA BRUJULA MAGNETICA.

La lectura de la brújula magnética representa la _____ hacia donde está dirigida la nariz del avión con relación a la dirección N-S de la propia brújula. Dirección

La brújula magnética siempre tiende a orientarse hacia el polo _____ de la tierra, es decir su dirección Magnética es _____.

N-S tiende a ser paralela- al _____ magnético de la tierra.	Meridiano	Cuando se vira desde un - rumbo Sur, la brújula in- dica el sentido del viraje, pero se _____	Adelanta
La diferencia angular en- tre el meridiano verdade- ro y el meridiano magnéti- co se llama _____	Variación	Cuando se inicia un viraje partiendo del Norte, la - brújula indica un viraje en _____	Dirección Opuesta
Para convertir un rumbo- verdadero a magnético se debe sumar la variación - si ésta es _____	Oeste (W).	Cuando se vira desde el - Sur, el error por viraje - causa una indicación en la brújula de un viraje a _____ _____ velocidad a la -	Mayor
Si la variación es Este (E), debe _____ al rumbo verdadero para- encontrar el magnético.	Restarse.	que realmente se está ha- ciendo.	
La aguja de la brújula mag- nética se desvía del norte magnético debido al _____ _____ subpermanen- te del avión.	Magnetismo	No hay error considerable por viraje cuando se vire- partiendo de rumbos _____ _____ u _____	Este u Oeste
Esta desviación se llama- _____. _____.	Desvío	Volando al Este o al Oes- te, cuando hay una acele- ración, la brújula magné- tica indica un viraje al _____ _____.	Norte
La tablilla de correccio- nes de una brújula en par- ticular tiene los valores - del _____ que deben aplicarse a ca- da rumbo _____	Desvío Magnético	Cuando se vuela al Este o al Oeste, y hay una dismi- nución de la velocidad, la brújula indicará un viraje al _____.	Sur
La brújula magnética está sujeta a otros errores du- rante su operación. El - error por viraje presenta su mayor valor cuando se vira desde el norte y des- de el _____.	Sur	El error por aceleración- y desaceleración es causa- do por la componente ver- tical del magnetismo te- rrestre y se manifiesta - cuando se aumenta o se - disminuye la velocidad vo- lando a los rumbos _____ _____.	Este u Oeste
Una indicación contraria - al sentido del viraje se - lee en la brújula cuando - se vira partiendo de un - rumbo _____.	Norte	Recuerdese, cuando el - rumbo sea Este, o cuando el rumbo sea Oeste, una	

aceleración hará que la brújula indique viraje al _____ y una desaceleración hará que la indicación sea de viraje al _____.

Recuerdese que cuando se está con rumbo Norte o Sur, para tener una correcta lectura de la brújula magnética es necesario mantener las alas _____ por varios segundos.

Si se vuela a rumbos próximos al Este o al Oeste y se desea tener una correcta lectura de la brújula magnética, es necesario mantener constante la _____.

Haciendo virajes con referencia de la brújula magnética, el ángulo de banco se recomienda que no exceda de _____ para reducir el error debido a la _____.

A fin de determinar el ángulo requerido de referencia para sacar un viraje hacia el rumbo Norte, se debe agregar a la referencia normal un número de grados aproximadamente igual a la _____ del lugar.

Cuando se vire hacia un rumbo Sur, el viraje se empezará a sacar cuando en la brújula se lea un valor que exceda a la refe-

Norte

Sur

Niveladas

Velocidad

15°

Inclinación

Latitud

rencia normal un número de grados igual a la _____ aproximada del lugar.

Para sacar un viraje que se hace a los rumbos Este u Oeste, se utiliza la referencia _____ que corresponde de acuerdo con el ángulo de banco.

Para alcanzar el rumbo Norte con un viraje a la derecha en un lugar de latitud 30°N, con un banco de 15° el ángulo normal de referencia sería de 5° y la lectura de la brújula para empezar a sacar el viraje sería de _____.

Para alcanzar el rumbo Sur con un viraje a la izquierda en un lugar de latitud 30°N, con un banco de 15° el ángulo normal de referencia será de 5° y la lectura de la brújula para empezar a sacar el viraje sería de _____.

INSTRUMENTOS GIROSCOPICOS.

A bordo de los aviones normalmente se cuenta con tres instrumentos cuyo funcionamiento se basa en características o propiedades del giroscopo.

Las propiedades fundamentales de los giroscopos son: rigidez, precesión y nutación.

Se llama rigidez o inercia giroscópica a la tendencia del eje de rotación del

Latitud

Normal

325°

155°

giróscopo de permanecer constantemente en una dirección dada, es decir, de conservar fija la dirección de su eje en el espacio mientras dure la rotación y no haya una fuerza externa que lo impida.

La precesión giroscópica de un giróscopo en movimiento es la acción o comportamiento de éste cuando se le aplica una fuerza con el fin de inclinar su eje.

El movimiento resultante es siempre a 90° con respecto a la fuerza aplicada. Esta característica se explica brevemente en la forma siguiente:

Cuando el giróscopo que se mueve alrededor de su eje, es forzado a girar alrededor de algún otro eje, tenderá a colocarse por sí mismo en una posición tal que su eje de rotación coincida con el eje alrededor del cual es forzado a girar.

Por no ser de interés, ni utilizarse en los instrumentos, no se tratará la nutación.

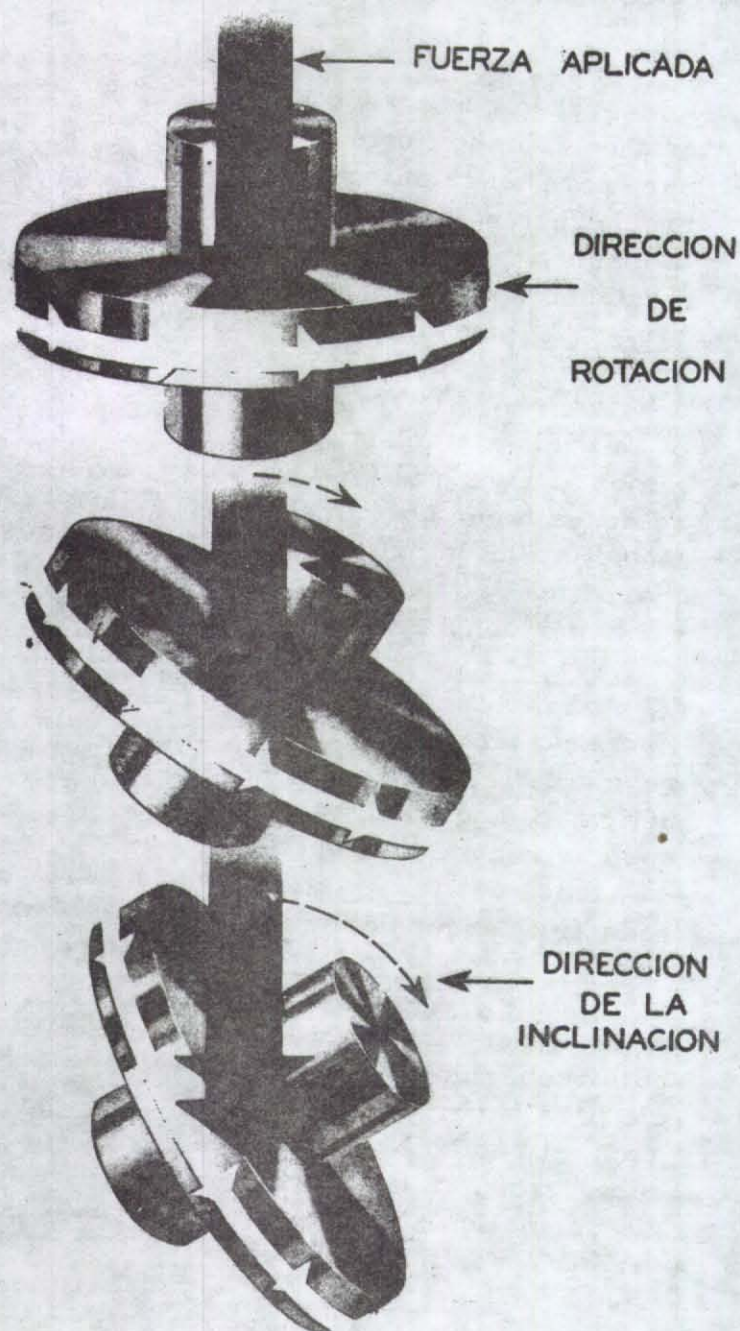


FIGURA No. 15

El Girodireccional, es fundamentalmente un instrumento mecánico designado para complementar la brújula magnética. La brújula magnética es un instrumento un tanto impreciso, sobre todo en aire turbulento y durante las maniobras; en estos casos es cuando el girodireccional se convierte en la principal referencia de direcciones. Este instrumento giroscópico opera basado en el principio giroscópico de la rigidez en el espacio y está sujeto a errores de precesión.

Para utilizar el girodireccional como brújula, es necesario ajustarlo previamente de manera que sus indicaciones correspondan a las de la brújula, este ajuste se hará cuando se vuele recto, nivelado y a velocidad constante. Debido a los errores de precesión será necesario reajustar el girodireccional por lo menos cada 15 minutos durante el vuelo.

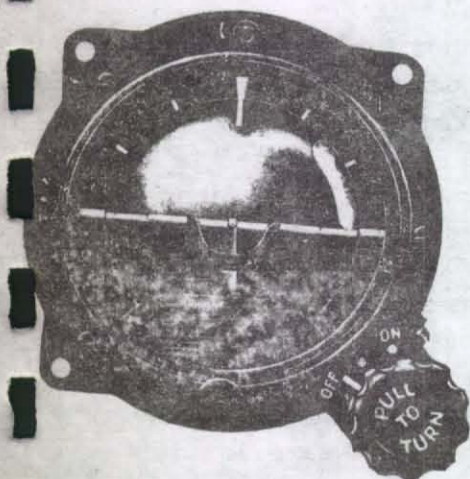
El Horizonte Artificial, es un instrumento que proporciona una referencia si-

milar al horizonte natural. Por medio de un pequeño avión que aparece al frente de la carátula del instrumento y de una barra horizontal actuada por un giróscopo, el instrumento le indica al piloto la posición del avión en relación al horizonte; es decir, si está en picada, planeo, en ascenso o si está en vuelo nivelado. El instrumento también muestra los grados de inclinación del avión.

Si el avión asciende o baja la nariz, el eje del horizonte cae o se levanta en la misma forma en que el horizonte verdadero parece moverse cuando el piloto mira por sobre la nariz del avión. Cuando se hace un viraje, la barra permanece horizontal mientras que el "dial" y la silueta del avión se inclinan.

El girodireccional complementa a la brújula magnética debido a que en aire turbulento se dificulta la lectura en este instrumento.

Brújula



Viraje a la Izquierda



Descenso



Ascenso



Viraje en Ascenso

FIGURA No. 16

El girodireccional esta su-
jeto a error de _____
_____ debido a la rota-
ción de la tierra, a roza-
miento en los cojinetes y-
a imperfecciones de balan-
ce del mecanismo.

Precesión

El girodireccional debe -
ajustarse de acuerdo con
la lectura de la _____
magnética cuando se vue-
le recto, nivelado y a _____
_____ constante.

Brújula

Velocidad

El girodireccional debe -
ser reajustado cada _____
minutos para compensar -
la desviación que le origi-
na la precesión.

15

El horizonte artificial -
muestra la actitud actual-
del avión con respecto al
plano _____

Del horizon-
te natural.

La barra del horizonte ar-
tificial siempre permane-
ce paralela al plano del -
_____ natu-
ral.

Horizonte

El horizonte artificial -
muestra la posición de - -
_____ y la nariz-
del avión con relación al -

Las alas
Horizonte
Natural

El índice en la parte supe-
rior del horizonte artifi-
cial indica el número de -
grados de _____

Inclinación

INDICADOR DE VIRAJE E INCLINA-
CIÓN (TURN AND BANK INDICATOR).

Como su nombre lo expresa, este in-

dicador incorpora dos instrumentos: un-
inclinómetro y un indicador de viraje.

El inclinómetro consiste en una pe-
queña esfera, que puede rodar libremen-
te dentro de un tubo de vidrio curvado -
que contiene un líquido.

El Indicador de Viraje utiliza la ca-
racterística giroscópica de precesión. -
El viraje del avión actúa como una fuer-
za aplicada al eje de rotación del girós-
copo y éste, debido a la precesión, res-
ponde inclinándose y de esta manera in-
dica la velocidad del viraje.

En la carátula del instrumento, pue-
de verse una aguja que se mantendrá en
posición vertical cuando el avión vuele -
en línea recta. Un viraje lento a la dere-
cha hará que la aguja tenga un desplaza-
miento pequeño a la derecha; un viraje -
rápido originará un desplazamiento -
grande. Tan pronto como se detenga el-
viraje, la aguja volverá al centro sin te-
ner relación alguna con la dirección en
que haya quedado el avión.

Durante el vuelo en línea recta y con
el avión nivelado, la esfera del indica-
dor de inclinación es atraída solamente
por la gravedad y por tanto rueda hacia-
la parte más baja del tubo permanecien-
do centrada mientras prevalezca esta -
condición. Pero cuando es sometida a -
una aceleración se coloca en la direc-
ción de la vertical aparente resultante -
entre dos fuerzas. Si el avión vira y es-
tá inclinado sin tener el radio de viraje-
adecuado, la esfera rodará hacia el ala
caída. Si se vira sin suficiente inclina-
ción, la fuerza centrífuga hará que la es-
fera se vaya hacia el lado exterior del -
viraje. Si el viraje se hace correctamen-
te, (coordinado), entonces la esfera per-
manece centrada.

La esfera del indicador estará -

centrada cuando se vuela recto y nivelado y durante cualquier viraje siempre que se haga coordinado.

La esfera estará a la izquierda cuando se vuela inclinado a la izquierda, en viraje a la izquierda deslizándose y en viraje a la derecha derrapando. La esfera estará a la derecha cuando se vuela inclinado a la derecha, en viraje a la derecha deslizándose y en viraje a la izquierda derrapando. En términos generales, podemos decir:

Cuando la velocidad del viraje (Velocidad Angular, grados/seg.), es proporcional al ángulo de banqueo, el viraje es coordinado y la esfera permanece centrada. Cuando la velocidad del viraje es mayor que la correspondiente al banqueo dado, el avión derrapa y la esfera se mueve hacia fuera del viraje. Para centrar la esfera será necesario, aumentar el ángulo de banqueo, o disminuir la velocidad del viraje.

Si la velocidad del viraje es menor que la correcta para el banqueo dado, el avión se desliza y la esfera se mueve hacia adentro del viraje. La velocidad del viraje debe aumentarse, o el ángulo de banqueo disminuye.

El indicador de viraje e inclinación señala al piloto la forma en que está haciendo sus virajes. Si el viraje es coordinado, la esfera del inclinómetro estará _____

Centrada

Si la velocidad del viraje es muy lenta para el banqueo dado, la esfera se mueve hacia _____ del viraje y el avión está- _____

Dentro

Deslizándose

Si el viraje es muy rápido con respecto al ángulo de banqueo dado, la esfera se mueve hacia _____ del viraje y el avión está- _____

Afuera

Derrapando

La aguja del indicador de viraje señala la velocidad de giro (grados por segundo) a la que el avión _____

Viraje

La aguja del indicador de viraje siempre se desvía en la dirección del _____

Viraje

TEORIA DEL VUELO POR INSTRUMENTOS.

Todo piloto debe estar capacitado para ascender y descender a una predeterminada altura, así como virar y arrumbar a cualquier rumbo, usando solamente como referencia la lectura de sus instrumentos. Esto puede hacerse usando solamente la brújula magnética, el velocímetro, el altímetro y el indicador de viraje e inclinación. Sin embargo, en el vuelo por instrumentos es de primordial importancia la correcta interpretación del girodireccional, del horizonte artificial y del indicador de velocidad vertical.

En vuelos normales VFR, la actitud del avión es controlada por constante o periódica observación del terreno. En vuelo por instrumentos, la actitud solamente es controlada por la correcta interpretación de los instrumentos. El piloto no debe concentrarse en un solo instrumento con exclusión de otros, porque cada instrumento muestra solamente parte de la actitud.

INDICACIONES DE LOS INSTRUMENTOS.

En un tablero primario, el velocímetro se usa para ayudar a determinar el cabeceo del avión. Con una potencia constante puesta, cuando la velocidad decrece la nariz se levanta; cuando la velocidad aumenta, la nariz baja. El cambio de la velocidad será proporcional al número de grados que la nariz se levante o baje; pero recuerdese que hay un retraso de alrededor de seis segundos en la indicación de cambio en la velocidad.

El altímetro también ayuda a determinar el cabeceo del avión. A una potencia ajustada, la lectura del altímetro usualmente aumentará cuando la nariz se levante y decrecerá cuando la nariz vaya abajo.

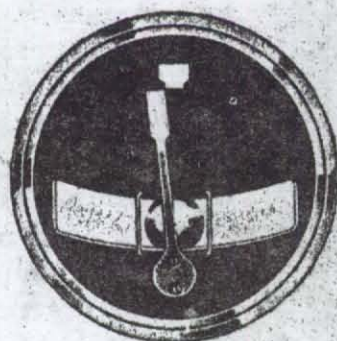
El indicador de viraje e inclinación no solamente indica si el avión vuela recto o vira, sino también muestra la calidad del viraje. La aguja siempre se mueve en la dirección del viraje. Si la esfera

se centra, el viraje es coordinado, pero si la esfera y la aguja están en lados opuestos, el avión está derrapando. Si la esfera y la aguja se van hacia el mismo lado, el avión se está deslizando.

Es también importante recordar los efectos en los cambios de potencia en la actitud del avión. Por lo que se refiere a la altitud, si la potencia aumenta se asciende, si la potencia decrece, se desciende.

1. La Figura "A" muestra un velocímetro, un altímetro y un indicador de viraje e inclinación. La velocidad y la altitud permanecen constantes, la aguja y la esfera están centradas. Las indicaciones corresponden por tanto a vuelo _____

Recto y
Nivelado



Viraje
Coordinado



Deslizando



Derrapando



FIGURA "A"

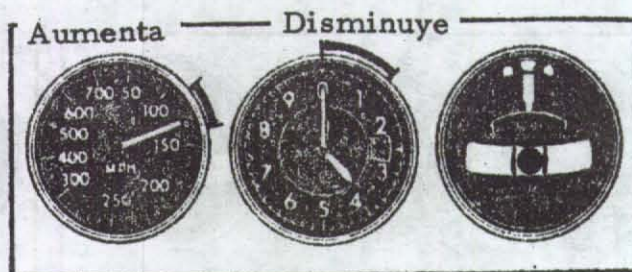


FIGURA "B"

FIGURA No. 18

2. La Figura "B" muestra un Aumento en la velocidad y una Disminución en la altitud.

3. La actitud del avión en la Figura "B" es:

- a) Descendiendo a la derecha.
b) Descendiendo recto.
c) Descendiendo a la izquierda (a, b ó c) - .

b

4. La Figura "C" muestra un viraje descendiendo y a la .

Derecha

5. En la Figura "C" la esfera está centrada por tanto el viraje es

Coordinado

6. La Figura "D" muestra un viraje a la Izquierda

Derrapando

Izquierda

El derrape en un viraje se debe a que la velocidad del viraje es muy grande para el banco dado. Para corregirlo y hacer un viraje coordinado, el ángulo de banco debe (aumentarse, disminuirse) Aumentarse

Aumentarse

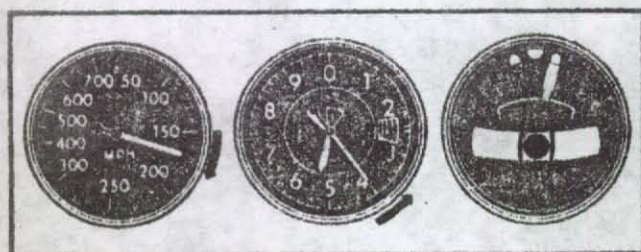


FIGURA "C"



FIGURA "D"

FIGURA No. 19



FIGURA "E"

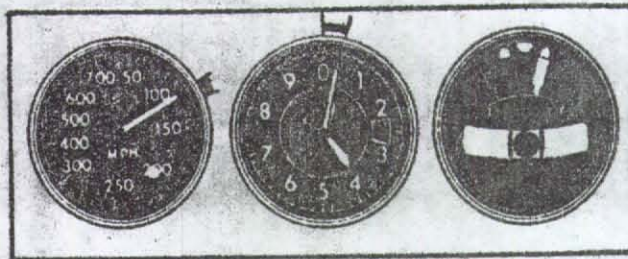


FIGURA "F"

FIGURA No. 20

En la Figura "E", la actitud del avión es _____

Virando a
la izquierda

En la Figura "E" la altitud es constante, pero la velocidad está decreciendo. Para mantener la misma velocidad de viraje y una altitud constante, será necesario aumentar la _____

Potencia

Si no se aumenta la potencia,

la velocidad continúa decreciendo y la altitud empezará a _____

Disminuir

En la Figura "F", el avión está _____ y virando a la _____

Ascendiendo
Derecha

En la Figura "F", la velocidad del viraje (grados por segundo), es proporcional al _____

Angulo de
Banqueo

CAPITULO No. 3

NAVEGACION POR ESTIMA

La navegación aérea consiste en dirigir el vuelo de una aeronave con la mayor seguridad y exactitud a lo largo de una ruta predeterminada.

En navegación observada (Pilotaje), se va de un punto a otro comprobando el progreso del vuelo con referencias visuales sobre el terreno.

En radionavegación se vuela de un punto a otro determinado por radio ayudas sin referencia visual del terreno. Pero en cualquier caso, el tiempo, la velocidad y la distancia, se calculan para determinar el progreso actual del vuelo a lo largo de la ruta seleccionada.

El piloto ordinariamente desea conocer en cualquier momento su posición; es decir, la latitud y longitud. También le interesa la variación magnética en la zona sobrevolada, la hora, la velocidad, la distancia, la ruta a volar y poder convertir su hora oficial o legal a hora "Z".

TERMINOS COMUNES MAS USADOS EN LA NAVEGACION.

Derrota Verdadera (True Course "TC"). - Se llama así a la dirección intentada de vuelo; se le conoce también como trayectoria intentada o trayectoria deseada. La derrota verdadera es el ángulo formado entre el meridiano verdadero que pasa por el lugar de origen y la línea que une el origen con el destino. Se mide sobre la carta.

Derrota Magnética (Magnetic Course "MC"). Es la dirección intentada de

vuelo medida a partir del meridiano magnético del lugar de origen. Se obtiene aplicado a la derrota verdadera el valor de la variación magnética del lugar. Recuerdese: "De verdadero a magnético, el Este es menos y el Oeste es más".

Rumbo Verdadero (True Heading "TH"). - Se conoce como rumbo verdadero la dirección hacia a donde apunta la nariz del avión referida al meridiano verdadero del lugar. Es el ángulo formado entre el meridiano verdadero que pasa por el avión y el eje longitudinal del avión.

Rumbo Magnético (Magnetic Heading "MH"). - Es la dirección hacia donde apunta la nariz del avión, referida al meridiano magnético del lugar. Se obtiene corrigiendo el rumbo verdadero por variación magnética.

Rumbo de la Brújula o del Compás (Compass Heading "CH"). - Se llama así a la lectura del compás magnético. Se define como el ángulo formado entre la dirección N-S del compás y el eje longitudinal del avión. Cuando se trata de calcularlo a partir del rumbo magnético, se aplica el desvío, restándolo si es "E" y sumándolo si es "W".

Trayectoria (Track). - Es la proyección sobre el plano horizontal del movimiento actual del avión; se refiere a una dirección medida a partir de una referencia que puede ser verdadera o magnética, según que se mida a partir del meridiano verdadero o del magnético. En navegación se pretende que la derrota y la trayectoria sean iguales, pero es solo sucede con toda exactitud cuando

el viento pronosticado es igual al viento real.

La derrota, el rumbo y la trayectoria solo serán iguales con viento cero o con viento longitudinal (de frente o de cola).

Deriva (Drift). - Es la diferencia angular entre el rumbo y la trayectoria. - Para conocer la trayectoria a partir de un rumbo conocido, se aplica a éste el valor de la deriva hacia donde sopla el viento (sotavento).

Corrección de Deriva (Crab Angle) - (WCA). - Es la diferencia angular entre la derrota y el rumbo. El valor de la corrección de deriva se aplica a la derrota medida para encontrar el rumbo. La corrección de deriva se aplica hacia la dirección de donde proviene el viento (barlovento).

La derrota verdadera es -
en realidad la _____

Trayectoria
Intentada

medida a partir del meridiano verdadero y en el sentido de movimiento de las manecillas del reloj.

La línea trazada en la carta y que une el punto de salida con el destino, se llama _____

Derrota

El ángulo de corrección al rumbo para hacer que la trayectoria y la derrota sean iguales se llama _____

Corrección
de Deriva

La corrección de deriva es la diferencia angular entre la _____

Derrota

y el _____

Rumbo

La dirección a la cual -
apunta la nariz del avión y
que se mide a partir del -
norte verdadero de 0° a -
360° en el sentido de giro
de las manecillas del reloj, se llama _____

Rumbo
Verdadero

Rumbo verdadero = Derrota verdadera \pm _____

Corrección
de Deriva

Derrota Magnética es -
igual a la Derrota verdadera corregida por _____

Variación

El rumbo verdadero corregido por variación, se llama _____

Rumbo
Magnético

El rumbo magnético corregido por desvío da _____

Rumbo
de Compás

La proyección sobre el terreno del movimiento real del avión, se llama _____

Trayectoria

En condiciones de viento -
cero, la trayectoria, la -
derrota y el rumbo son -

Iguales

Determinación de la Derrota (Course). - Siempre se mide la derrota verdadera sobre la carta tomando como referencia los meridianos verdaderos.

Para establecer la derrota, primero se traza en la carta una línea desde el punto de salida hasta el destino, o a algún punto intermedio de la ruta, el -

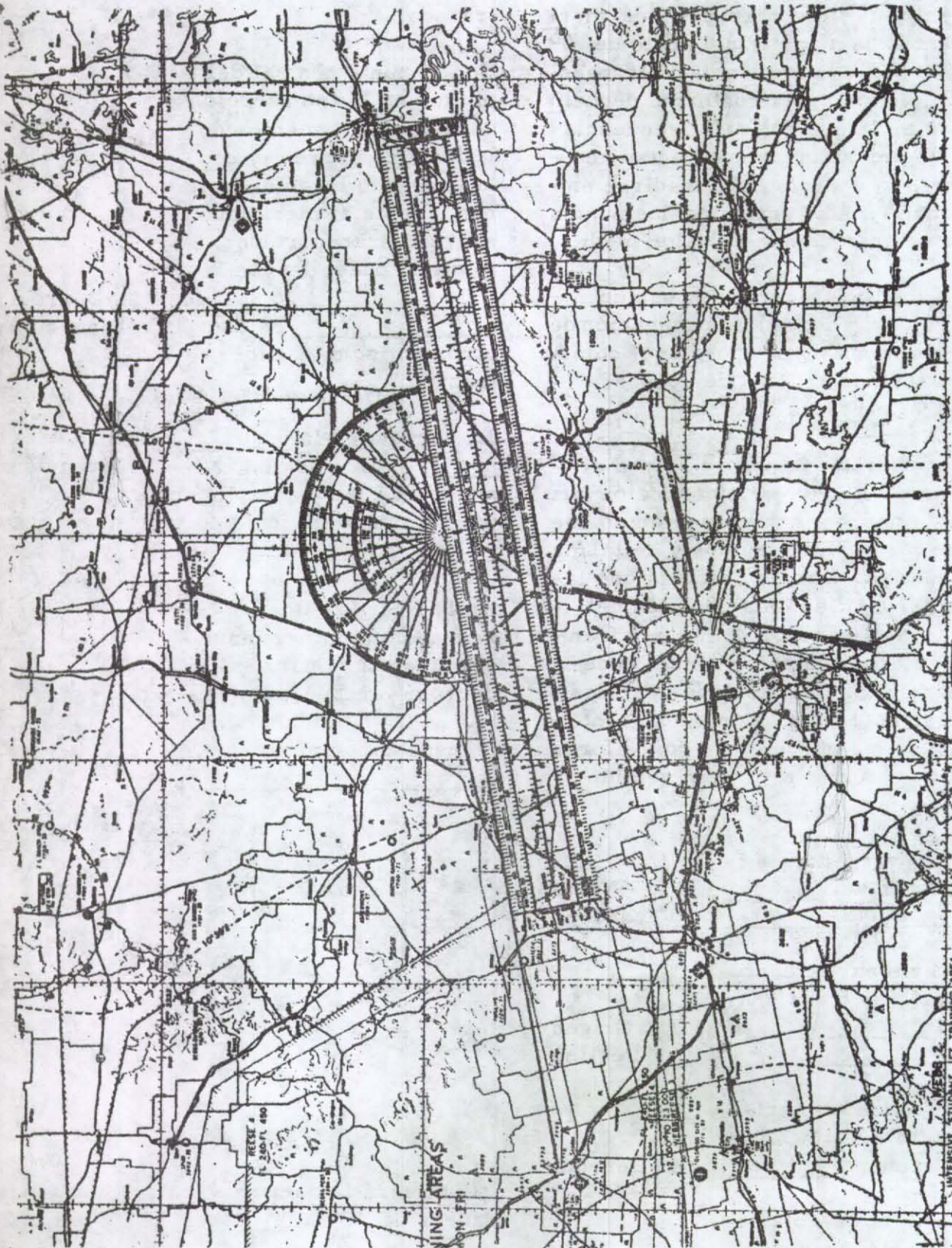


FIGURA No. 21

NAVEGACION POR ESTIMA

ángulo entre la línea trazada y los meridianos, medido a partir del norte de 0° a 360° será el valor de la derrota, pero, puesto que en la carta conforme de Lambert, que es la que con más frecuencia se usa, los meridianos son rectas convergentes, la derrota debe medirse en el meridiano medio entre los dos puntos de la ruta para obtener un valor medio.

Para medir la derrota se usa un transportador (Plotter) de navegación de los que existen varios tipos, aquí solo nos referiremos al PN-1 de Jeppesen que ilustra la Figura No. 21.

Para medir el ángulo se coloca el centro del plotter en la intersección de la línea de derrota con el meridiano medio entre los puntos elegidos y de tal manera que su parte recta coincida con la línea de derrota; en esta posición del plotter, se lee el valor del ángulo frente al meridiano seleccionado. Puede verse, que el plotter tiene dos escalas angulares recíprocas, por tanto frente al meridiano se pueden leer dos valores, uno en un sentido y el otro en sentido opuesto.

La derrota verdadera se mide a partir del _____

Norte
Verdadero

Para determinar la derrota, primero se traza una línea del _____ al _____

Origen
Destino

El ángulo entre el meridiano medio y la línea trazada se llama _____

Derrota

Para medir la derrota se debe colocar el transportador (plotter) en la _____ del me-

ridiano medio y la línea -

Intersección

trazada.

Con el punto central del plotter en la intersección del meridiano medio con la línea de derrota y con la base a lo largo de la línea, frente al meridiano y sobre el transportador, (plotter) puede leerse la -

_____ o sea la _____ en uno y otro sentido de la línea trazada.

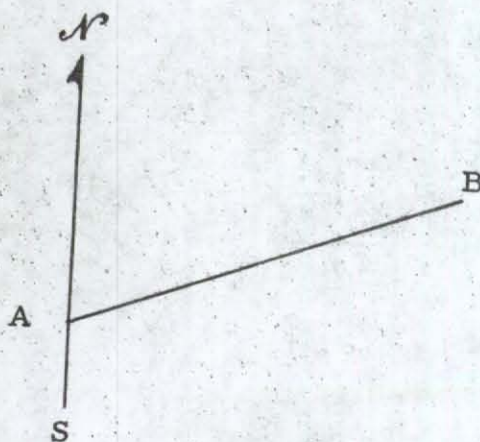
Derrota
Dirección

La derrota es la _____ medida en el sentido de las manecillas del reloj a partir del _____

Dirección

Norte

En la figura la línea N-S representa un meridiano verdadero. ¿Cuál será la derrota verdadera entre "A" y "B"? (mídala con un transportador plotter).



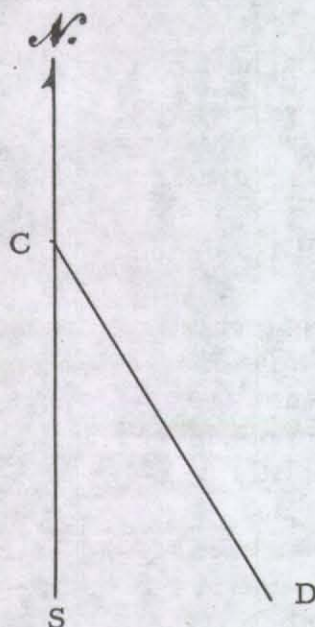
¿Cuál será la derrota verdadera de "B" a "A"?

070°

250°

En la siguiente figura la -

derrota de "C" a "D" es -



La derrota verdadera de -
"D" a "C" es _____.

148°

328°

Para obtener una derrota magnética a partir de la verdadera medida en la - carta, se suma a ésta la variación Oeste, o se resta la variación Este.

Recuerdese que la variación magnética de un lugar es el ángulo entre el meridiano verdadero y el meridiano magnético; se dice que la variación es Este, - cuando el Norte magnético queda al Este del verdadero y la variación es Oeste cuando el Norte magnético queda al Oeste del verdadero.

En la República Mexicana todas las variaciones son Este y su valor aumenta del Sureste hacia el Noroeste, así tenemos que en la Península de Yucatan la variación es de 5°E y en el Norte de California de 15°E. Las cartas indican la variación correspondiente a los lugares a lo largo de las líneas llamadas "Isógonas".

Como se ha dicho con anterioridad, - los compases magnéticos instalados en los aviones, se ven influenciados por el equipo y partes metálicas de este, por lo tanto las lecturas tienen un error que hemos llamado desvío y lo definimos como el ángulo formado entre el meridiano magnético que pasa por el avión y la línea N-S del compás. Para cada compás debe tenerse una tablilla o carta de correcciones donde se encuentran los rumbos magnéticos de 30° en 30° y los correspondientes rumbos de compás.

Para (R _M)	0° 30° 60° 90° 120° 150° 180°
Gobierno (R _C)	359° 300° 60° 88° 120° 152° 183°

Para (R _M)	210° 240° 270° 300° 330°
Gobierno (R _C)	212° 240° 268° 300° 329°

Una aguja imantada sus-
pendida libremente influen-
ciada solo por el magnetis-
mo terrestre, debe apun-
tar hacia el _____

Norte
Magnético

Usualmente hay una dife-
rencia angular entre el -
meridiano _____
y el meridiano magnético.

Verdadero

La diferencia angular en-
tre la derrota verdadera y
la magnética es la _____

Variación

NAVEGACION POR ESTIMA

El valor de la variación -
se encuentra en las cartas
a lo largo de las líneas lla-
madas _____

Isógona o isogónica, sig-
nifica línea de igual _____

La variación puede ser al
_____ ó al _____

Si se desea volar al norte
verdadero en el Estado de
Yucatán, en el compás de-
be leerse 355° si el des-
vío es 0° y no hay viento,
porque la _____
es _____ Este

Para obtener la derrota -
magnética, se suma la va-
riación a la derrota verda-
dera, si la variación es -
_____ y se resta -
si es _____.

Recuerdese, "De verdade-
ro a magnético el _____
es menos y el Oeste es -
_____."

El valor de la variación -
magnética para cualquier-
lugar, se encuentra en la-
_____ trazada -
en la carta.

Las partes del avión, ta-
les como los motores, el
radio, el equipo eléctrico,
etc., influyen en el _____
_____ originando un -
error que se llama _____
_____.

Debido al desvío, la línea
N-S del compás magnéti-

Isógonas

Variación
MagnéticaEste
OesteVariación
50Oeste
Este

Este

Más

Isógona

Compás

Desvío

co no corresponde, o es -
paralelo al _____

Meridiano
Magnético

Todo compás magnético -
debe tener una tablilla de
correcciones donde apare-
ce el valor del _____

Desvío

En algunas tablillas de co-
rrecciones aparece el rum-
bo del compás que corres-
ponde a cada rumbo mag-
nético tabulado de 30 en -
30 grados. Pero puede su-
ceder que la tablilla trai-
ga solo el valor del _____

Desvío

_____; en este caso, -
ese valor debe sumarse o
restarse al rumbo magné-
tico para encontrar el _____

Rumbo del
CompásEFEECTO DEL VIENTO.

Como sabemos, sin viento el proble-
ma de la navegación sería muy simple, -
la derrota, la trayectoria y el rumbo -
tendrían siempre el mismo valor; el -
tiempo de vuelo solo se calcularía en -
función de la distancia entre los puntos -
y la velocidad verdadera del avión. Pero
de esta manera solo se obtiene en la -
práctica la posición llamada SIN VIEN-
TO, (NO WIND POSITION, o AIR POSI-
TION), que se utiliza en algunos proble-
mas de navegación.

El efecto del viento sobre el avión -
en vuelo es igual al que tiene sobre cual-
quier objeto libre sin contacto con el te-
rreno. La velocidad del avión a través -
del AIRE no se ve afectada por el viento,
pero si por ejemplo, el avión está volan-
do a través del aire a 100 MPH y el aire
se está moviendo (viento), en la misma
dirección a 20 MPH, la velocidad del -

avión con relación al terreno será de - 120 MPH. Un globo libre en el mismo ai re, tendrá una velocidad con relación al terreno de 20 MPH. Esta velocidad refe rida al terreno sobre el que se vuela, se llama Velocidad Absoluta (Ground Speed "GS"). Si el avión está volando hacia el Sur a 100 MPH y el viento es del Sur y - de 25 MPH, el avión tendrá una veloci-- dad absoluta de 75 MPH. Si el avión es-- tá volando hacia el Este, la trayectoria no será tal; después de una hora el avión estará a 100 millas al Este del punto de origen, pero también 25 millas al norte de la derrota, o trayectoria intentada.

El viento no afecta la velo-- cidad que tiene el avión - respecto a la _____

Masa de
Aire que
Lo rodea

Suponiendo que un avión - está volando a través del aire con una velocidad ver-- dadera de 90 nudos y a su vez el aire se mueve en la misma dirección y senti-- do con una velocidad de 20 nudos (viento). La veloci-- dad del avión respecto al terreno (Velocidad Absolu-- ta), será de _____ nudos.

110

Un avión volando hacia el Norte (rumbo 360°), a una velocidad verdadera de 110 nudos con un viento del - Norte de 25 nudos, tendrá una velocidad absoluta de _____ nudos.

85

El mismo avión volando - con rumbo 090°, después de una hora estará a 25 - millas náuticas al _____ de la derrota propuesta -

Sur

FORMULAS BASICAS DE ESTIMA.

En navegación por estima, siempre es necesario combinar los valores de - DISTANCIA-VELOCIDAD-TIEMPO.

Estos valores se combinan en las si guientes fórmulas:

$$D = V \times T; \quad V = \frac{D}{T}; \quad T = \frac{D}{V}$$

A menudo es necesario convertir ho ras y fracciones decimales de hora a mi nutos o bien minutos a horas, recuerde se que:

- Para convertir horas a minutos se - multiplica por 60.
- Para convertir minutos a horas se - divide entre 60.

Un nudo es una unidad de velocidad - que representa una milla náutica por ho ra.

Una milla náutica equivale a 1852 me tros, o bien a 6076 pies.

Una milla náutica es también igual a 1.15 millas terrestres.

Las conversiones de unidades de dis tancia o de velocidad se hacen utilizan-- do los índices correspondientes en el - computador de navegación, pero tratán-- dose de las unidades de distancia, las - conversiones pueden hacerse también - utilizando las escalas gráficas de las - cartas o las escalas de algunos trans- - portadores (plotters).

La distancia, la velocidad y el tiempo son los facto-- res preponderantes en la navegación por _____

Estima

Horas x 60 = _____
 Minutos ÷ 60 = _____

Minutos
 Horas

de viento, o en general para los problemas de movimiento relativo.

Distancia: Velocidad = -

Tiempo

Velocidad x Tiempo = -

Distancia

Distancia: Tiempo = -

Velocidad

10 Millas náuticas por hora son _____

10 Nudos

Los nudos se convierten en MPH multiplicando por _____

1.15

50 Millas terrestres equivalen aproximadamente a _____ millas náuticas.

43.5

50 Millas náuticas equivalen aproximadamente a _____ millas terrestres.

57.5

COMPUTADORES.

Para facilitar la resolución de los diferentes problemas que se presentan en la navegación por estima, se emplean computadores especiales de los cuales existen diferentes tipos y marcas. En nuestro curso solo nos referimos a dos tipos por ser los más frecuentemente usados: los de rejilla, como el Dalton y el CSG de Jeppesen y los circulares tipo CR, también de Jeppesen.

Los computadores convencionales para problemas de estima tienen dos lados, uno destinado específicamente para cálculos de velocidad, distancia y tiempo y que se usa como una regla de cálculo circular y el otro lado para los problemas de triángulo de velocidades, o

La navegación por estima requiere que el piloto conozca la velocidad con que su aeronave se desplaza con relación al terreno sobre el cual vuela, el efecto del viento a lo largo de su trayectoria de vuelo y la distancia a su destino.

Estos tres factores son fáciles de obtener, uno de ellos, la distancia, realmente se obtiene con facilidad, pero los otros dos, la velocidad y el efecto del viento en la dirección de movimiento de la aeronave, crean el verdadero problema de la navegación aérea.

Puesto que un avión al dejar el terreno se mueve dentro de una masa de aire, la cual también está en movimiento, la trayectoria seguida por el avión con relación al terreno estará influenciada por el movimiento horizontal de la masa de aire, es decir, por la velocidad y la dirección del viento.

Los instrumentos tipo, disponibles a bordo para determinar la velocidad, se ven afectados básicamente por la densidad y la temperatura de la masa de aire que rodea al avión creando la necesidad de hacer correcciones a las lecturas obtenidas.

Los computadores señalados se han diseñado con el propósito de proporcionar al piloto un instrumento para la resolución de los problemas tomando en cuenta todas las variables citadas.

En la Figura No. 23 se ilustran las escalas de velocidad, distancia y tiempo que son comunes a todo computador de navegación. Se notará alineando los números "10" de ambas escalas que éstas son idénticas. Con estas dos escalas

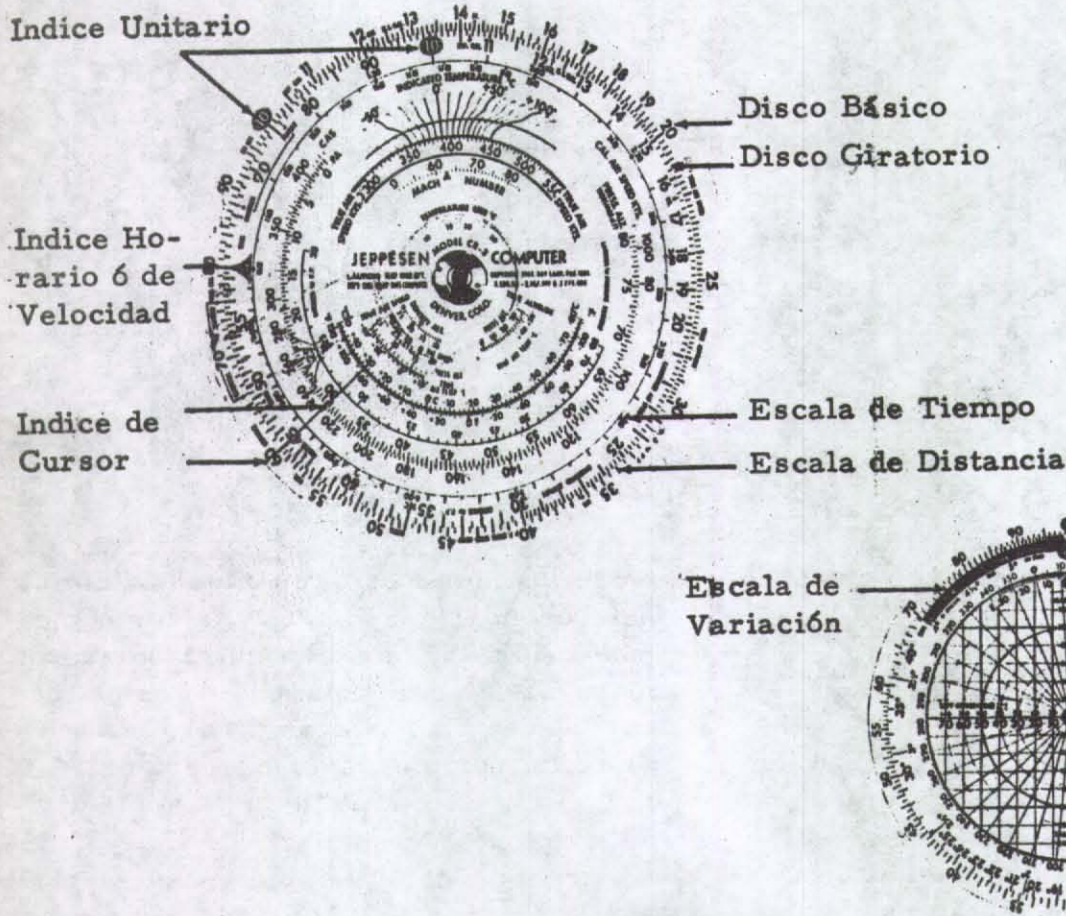


FIGURA No. 22

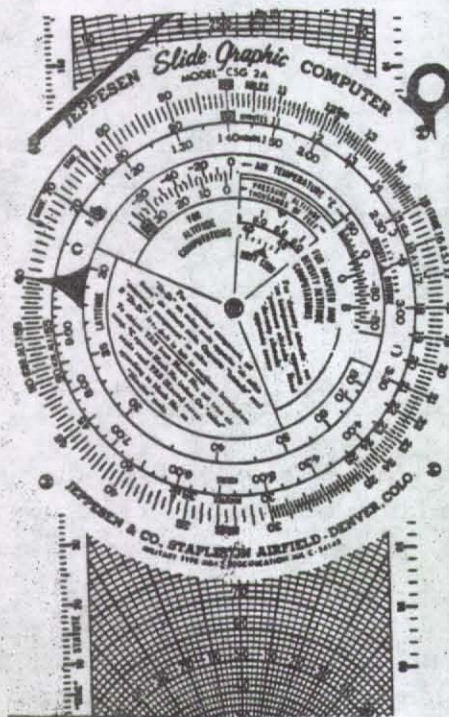


FIGURA No. 23

pueden resolverse problemas de multiplicación, división y en general toda clase de proporciones. En la escala interior, el número 60 se ha marcado con una flecha y se le llama índice de velocidad ó índice horario, corresponde en la escala de tiempo, a 60 minutos, o sea una hora.

VELOCIDAD - DISTANCIA - TIEMPO.

Para encontrar la velocidad a que se ha recorrido una distancia dada en un tiempo conocido, se coloca dicha distancia leída en la escala exterior, frente al tiempo empleado en recorrerla en la escala interior, frente al índice de velocidad se leerá esta en la escala exterior.

Las siguientes figuras muestran -

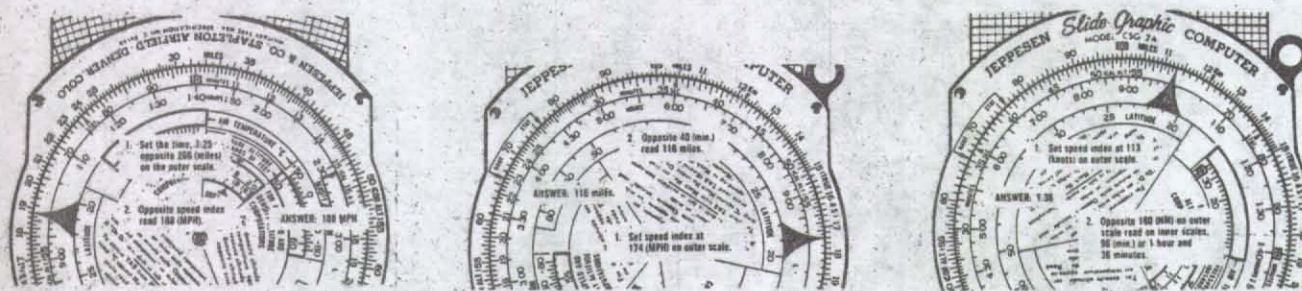


FIGURA No. 24

ejemplos para determinar velocidad, distancia y tiempo.

LECTURA EN LAS ESCALAS.

La mayor parte de las personas que empiezan el aprendizaje del computador, memorizan los pasos para resolver cierto tipo de problema sin considerar la operación real que se está ejecutando. Si se presenta un problema donde el tiempo para recorrer una distancia dada, es conocido, se siguen los pasos pertinentes y se obtiene un número, después es necesario pensar ¿qué representa el número hallado?, asumiendo que la distancia recorrida fué de 360 millas náuticas y el tiempo empleado de 2 horas, la respuesta del computador es "18"; pero este 18 representa 180 nudos. El cero fué agregado en forma automática sin necesidad de pensarlo. En el uso del computador para la resolución de los diferentes problemas que pueden presentarse, es necesario reflexionar sobre agregar ceros o colocar el punto decimal. Si se selecciona o se lee cualquier número en las escalas, tal como 19, puede representar 1.9 190, 1900, 0.019, etc., también 50, puede ser 5, 500, o 0.5, etc. Por tanto la posición del punto decimal depende de las condiciones del problema. Los números impresos en las escalas, son números primarios. Examinando las escalas notaremos que-

entre los números primarios hay divisiones secundarias. Entre cada dos números de 10 a 15, hay diez marcas secundarias. El valor de cada una de estas marcas puede considerarse como 1. Un número tal como el 12.6, quedará entre el 12 y el 13, exactamente en la sexta división después del número 12. Este número, por supuesto, también puede representar 0.126, 126, 1260, etc., dependiendo de las condiciones del problema.

Hay un cambio en el valor de las divisiones secundarias entre los números 15 y 30; en este tramo, cada marca secundaria tiene un valor de 2. Un número como el 175 quedará entre la segunda y la tercera división después del 17. Después del número 30, cada marca secundaria adquiere un valor de 5. El número 355 se localiza en la primera marca corta después del 35.

PROBLEMAS DE PROPORCION.

Las escalas de velocidad, distancia y tiempo facilitan los problemas de proporción. Poniendo un número de la escala interior frente a otro cualquiera de la escala exterior, se establece una razón, o proporción y esta misma razón queda establecida para todos los otros números. Ejemplo: la razón 50 a 25, $50/25$. Ponemos 25 de la escala interior frente a 50 de la escala exterior, esto

establece una razón de 2 a 1 (2/1) entre la escala exterior y la interior. Nótese que todos los números de la escala interior representan la mitad de los números exactamente opuestos de la escala exterior.

Así mismo, en la Figura No. 25 se ha establecido la relación 3:4.

EJERCICIOS Y PRACTICA.

1. En la escala la marca a la mitad entre los números - 80 y 90, representa - (85, 805) 85
2. En los problemas de velocidad, distancia y tiempo, la escala interior siempre representa Tiempo
3. Si en 24 minutos se han recorrido 234 millas náuticas, la velocidad ha sido - 585 Nudos

4. Para recorrer una distancia de 89 millas se han empleado 22 minutos, la velocidad fué de 243 M.P.H.

5. La escala interior a la de minutos se llama escala de horas, en la escala de minutos el número 18 puede representar 1.8, 18 o 180 minutos. Directamente abajo de este número se lee 3:00 (tres horas), que es lo equivalente a 180 minutos. Leyendo en la escala interior directamente abajo de 21, cuando esto se interprete como 210 minutos, se leerá 3:30 horas, minutos.

6. 250 minutos representan - 4:10 horas minutos.

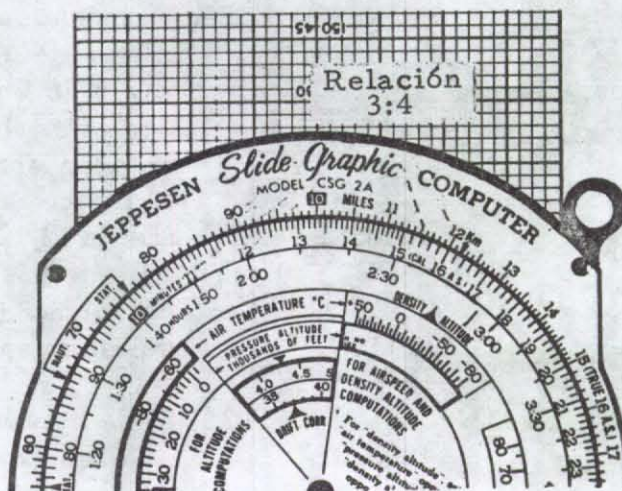


FIGURA No. 25

- | | | | |
|---|-------------|--|----------------|
| 7. 450 minutos son _____ horas _____ minutos. | 7:30 | pone el índice horario, o de velocidad frente al número 70 de la escala exterior y para saber la cantidad de combustible necesario para volar durante 1:30, se lee en la escala exterior frente al número 90 de la escala de minutos (90 minutos igual a 1:30), - el número de galones necesarios de _____ | 10.5 |
| 8. Si la velocidad es de 205 - M. P. H., para recorrer - una distancia de 560 millas, se necesitan _____ minutos, equivalentes a _____ horas _____ minutos. | 164
2:44 | | |
| 9. Velocidad 125 nudos, distancia 500 millas náuticas, tiempo _____ | 4:00 | 20. Consumo 27 Gal. /Hra. - Tiempo 0:40. Consumido- _____ | 18
Galones |
| 10. Velocidad 135 M. P. H., distancia 200 millas, tiempo _____ | 1:29 | 21. Consumo 88 Gal. /Hra. - Tiempo 7:30. Consumido- _____ | 660
Galones |
| 11. Velocidad 615 nudos, distancia 246 millas náuticas, tiempo _____ | 0:24 | 22. En 0:40 se han consumido 3.2 galones, el consumo horario ha sido de _____ Gls. /Hra. | 4.8 |
| 12. Velocidad 382 nudos, distancia 655 millas náuticas, tiempo _____ | 01:43 | 23. En 1:41 se han consumido 1600 galones, el consumo horario ha sido de _____ Gls. /Hra. | 950 |
| 13. Velocidad 150 nudos, tiempo 0:14, distancia _____ | 35 M. N. | 24. Para encontrar el peso en libras de un consumo horario de combustible dado, por ejemplo 90 Gls. /Hra., se pone este valor frente al índice horario y se lee frente al índice "36" el resultado de _____ libras - por hora. (Un galón de gasolina pesa 6 libras). | 540 |
| 14. Velocidad 150 nudos, tiempo 2:20, distancia _____ | 350 M. N. | | |
| 15. Velocidad 118 nudos, tiempo 1:52, distancia _____ | 220 M. N. | | |
| 16. Velocidad 197 nudos, tiempo 0:14, distancia _____ | 46 M. N. | | |
| 17. Velocidad 175 nudos, tiempo 0:36, distancia _____ | 105 M. N. | | |
| 18. Velocidad 395 nudos, tiempo 1:22, distancia _____ | 540 M. N. | 25. Si se han consumido 105 - galones de gasolina en 1:30, el consumo horario - fué de _____ Gls. /Hra. o sean _____ Lbs. /Hra. | 70
420 |
| 19. Si el consumo de combustible de una aeronave es - de 7 galones por hora, se | | | |

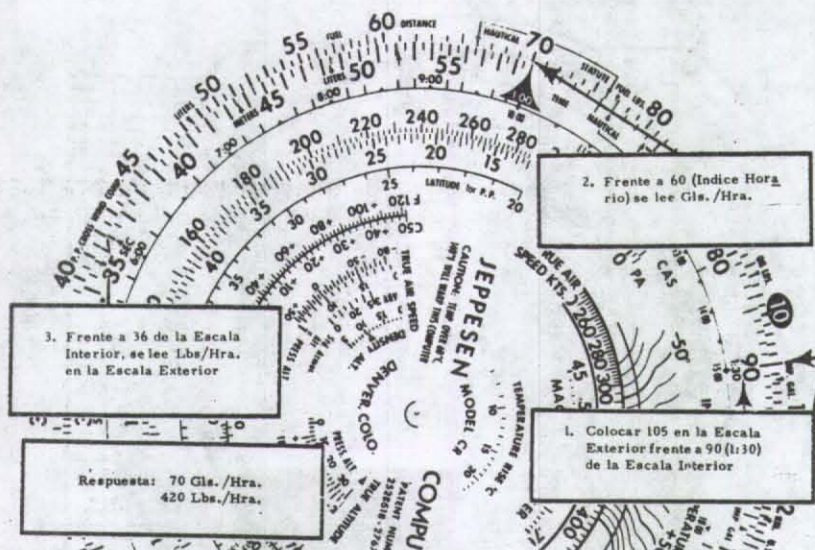


FIGURA No. 26

26. Si el consumo es de 80 - Gls./Hra., en 3:00 se con- sumirán _____ galones, o sea _____ libras.

240
1440

tancia 320 millas náuticas. Tiempo _____ (hras. y - min.), cantidad de com- bustible _____ galones.

1:53

37.7

27. Recuerdese que el índice- horario representa una ho- ra, por tanto frente a él - se leerá en la escala exte- rior M. P. H., nudos, kiló- metros por hora, o galo- nes por hora. Si una aero- nave vuela 30 millas en 15 minutos, su velocidad ha sido de _____

120
M. P. H.

30. Para convertir 136 millas terrestres a millas náuti- cas, póngase 136 de la es- cala de minutos frente a - la flecha de millas terres- tres (stat) localizada en el número 66 de la escala de millas y frente a la flecha "naut" de la escala de mi- llas se lee _____ millas- náuticas en la escala de - minutos. Frente al índice "KM" se leerán _____ ki- lómetros.

118

218

28. En un vuelo a una veloci- dad de 150 M. P. H. y un - consumo de gasolina de 8 Gls./Hra., para recorrer la distancia de 400 millas se requieren _____ galo- nes de gasolina, ya que se volará durante _____.

21.4
2:40

31. 74 millas náuticas son _____ MT. 1320 MT. son _____ MN. 305 nudos son _____ M. P. H. 145 M. P. H. son _____ nu- dos.

85

1150

350

126

29. Velocidad 170 nudos; con- sumo 20 Gls./Hra., dis-

NAVEGACION POR ESTIMA

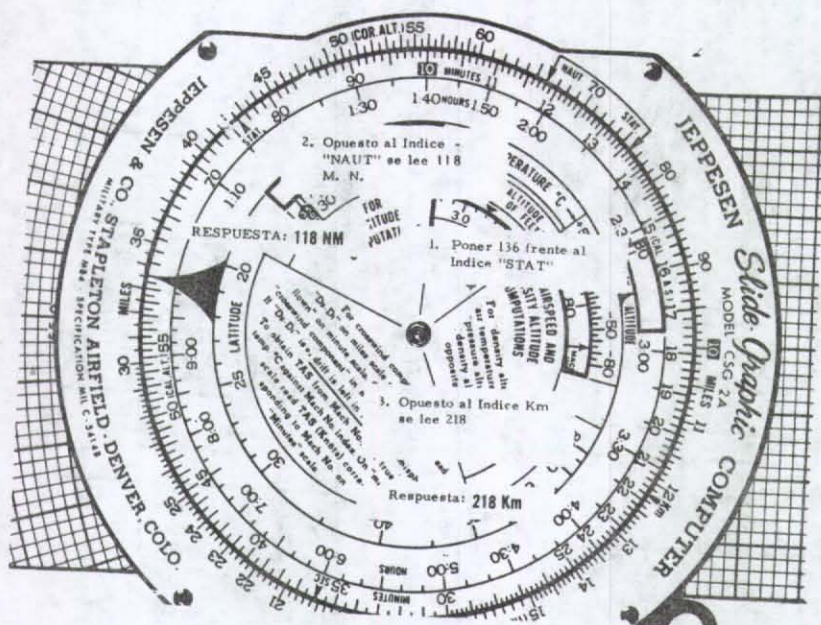


FIGURA No. 27

- | | | | |
|--|------|---|------------------------------|
| 32. Con una velocidad de 172 -
M. P. H., el tiempo requere-
do para volar una distan-
cia de 300 millas náuticas
es de _____ | 2:00 | se coloca 25°C opuesto a
3000 en la ventanilla seña-
lada como "AIRSPEED" y
frente al índice de la ven-
tanilla de altitud densimé-
trica se lee la respuesta -
_____ | 5000
Pies |
| 33. Velocidad 140 nudos, dis-
tancia 336 millas terres-
tres, tiempo _____ (Hrs.
y Min.) | 2:05 | 37. La altitud densimétrica a
10,000 pies de altitud pre-
sión cuando la temperatu-
ra es de 30°C, será de -
_____ | 14,000 |
| 34. Consumo 11 Gls./Hra. -
Tiempo de vuelo 2:33, com-
bustible requerido _____
galones. | 28.1 | 38. El rendimiento de una ae-
ronave esta basado en la -
_____ y no en la
altitud presión. | Altitud
Densimé-
trica |
| 35. Se han consumido 113 galo-
nes en 2:17, el consumo -
ha sido de _____ Gls./ -
Hra. | 49.5 | 39. La altitud densimétrica -
afecta el rendimiento de -
los motores, la velocidad
de ascenso y la _____ | Carrera
de
Despegue |
| 36. Para encontrar la altitud-
densimétrica a 3000 pies
de altitud presión, con -
una temperatura de 25°C, | | | |

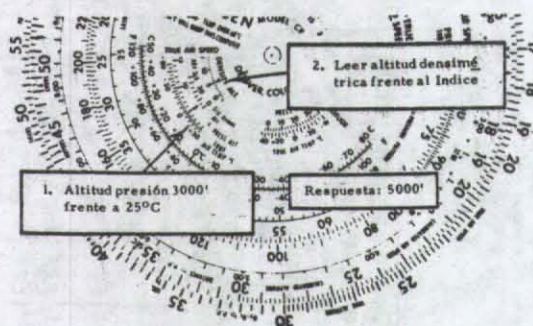
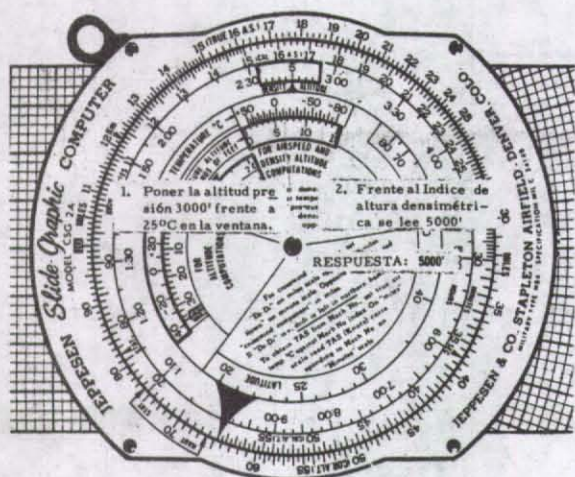


FIGURA No. 28

40. La carrera de despegue a 5,000 pies de elevación será _____ (mayor o menor) que a 2,000 pies. Mayor
41. Si el despegue se hace en un aeropuerto cuya elevación es de 4,000 pies, en este caso altitud presión y la temperatura es de 35°C (95°F), la carrera de despegue tendrá que calcularse con una altitud densimétrica de _____ 7,000 Pies
42. Si el despegue se hace en un aeropuerto cuya elevación es de 4,000 pies, en este caso altitud presión, cuando la temperatura es de -10°C (14°F), la carrera de despegue se calculará con una altitud densimétrica de _____ 2,000 Pies
43. El rendimiento de una aeronave es mejor con temperatura _____ (fría, o caliente). Fría
44. Altitud 20,000 pies, temperatura al nivel de vuelo -10°C, velocidad indicada 200 M.P.H. Encontrar la velocidad verdadera: En la ventana señalada como "airspeed", haga coincidir la temperatura -10°C con la altitud presión -20,000; lea la velocidad verdadera en la escala de millas frente a 200 de la escala de minutos. La velocidad verdadera es _____ 282 M.P.H.
45. Altitud presión 5,000 pies, temperatura al nivel de vuelo 10°C, velocidad indicada 130 M.P.H. La velocidad verdadera será _____ 141 M.P.H.
46. Altitud presión 29,000 pies, temperatura -10°C, velocidad calibrada 350 nudos, velocidad verdadera _____ 600 Nudos

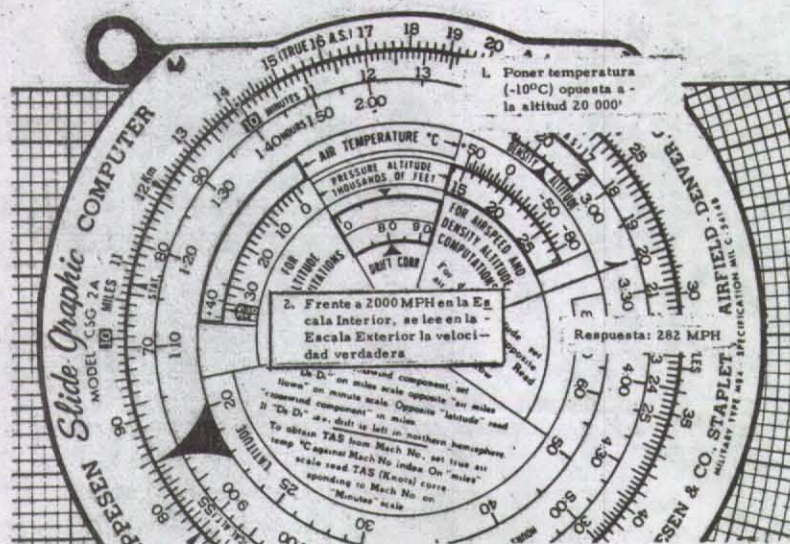


FIGURA No. 29

47. Altitud presión 4, 000 pies, temperatura 25°C, velocidad calibrada 120 M. P. H., velocidad verdadera _____.

131
M. P. H.

48. Altitud presión 10, 000 pies, temperatura al nivel de vuelo -13°C, altitud indicada 12, 000 pies. Se requiere la altitud verdadera. En la ventanilla señalada para cálculo de altitudes, se hace coincidir -13°C con 10, 000 pies, en la escala de minutos se localiza 12, 000 y frente a este número y en la escala de millas se obtiene el resultado; en este caso la altitud verdadera resulta de _____.

11, 600
Pies

49. Si se conoce la elevación de la estación que proporcionó el reglaje altimétrico para obtener la altitud indicada, se puede aplicar

otra corrección para que la altitud verdadera resulte con mayor exactitud. Al titud presión 10, 000 pies, temperatura -20°C, altitud indicada 9, 000 pies; - elevación de la estación - 5, 000 pies. En la ventanilla de altitudes se hace coincidir 10, 000 con -20°C. Se resta 5, 000 elevación de la estación, a 9, 000, altitud indicada, lo que da -4, 000. En la escala de minutos se localiza 4, 000 y frente a él se lee en la escala de millas _____. A este valor se le suma la elevación de la estación y se obtiene la altitud verdadera de _____.

3, 780

8, 780

50. Altitud presión 40, 000', - temperatura -40°C, altitud indicada 42, 000', elevación de la estación - 6, 000'. Altitud verdadera _____. Altitud presión 3, 000', temperatura

44, 400'

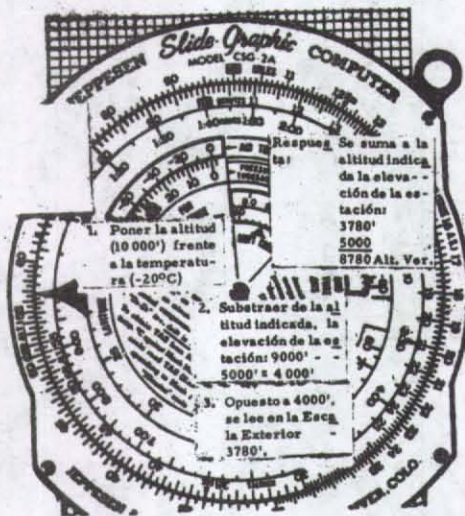


FIGURA No. 30 "A"

20°C, altitud indicada - 4,000', elevación de la estación 1,060'. Altitud verdadera.

4,110'

En los computadores modernos se puede calcular la velocidad verdadera con mayor exactitud compensando por los efectos de compresión y aumento de la lectura de temperatura debidos a las altas velocidades. La velocidad así obtenida se llama velocidad equivalente. Los computadores "CR" tienen escalas para hacer estas correcciones en forma automática y obtener una velocidad verdadera más exacta, cuando se trata de velocidades calibradas de más de 200 nudos. Las escalas están calculadas para usar nudos, a velocidad

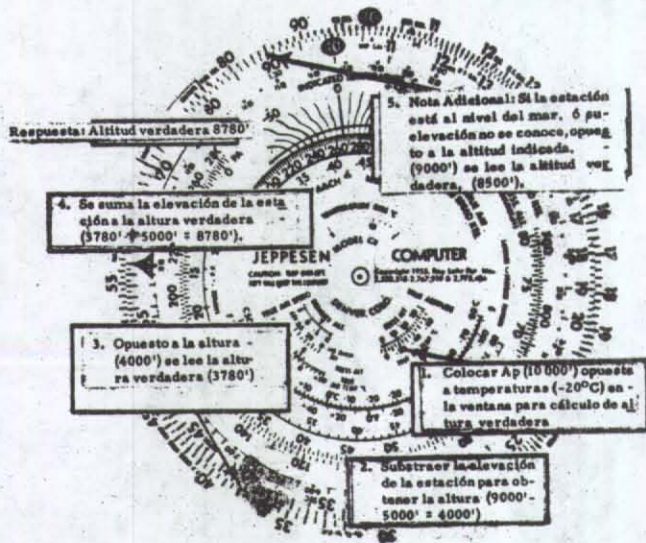


FIGURA No. 30 "B"

des calibradas por abajo - de los 200 nudos la diferencia en usar el método convencional señalado anteriormente o usar las escalas especiales del "CR" no da diferencia significativa.

51. Velocidad calibrada 220 nudos, altitud presión - 20,000'. Temperatura indicada -30°C. Hallar la velocidad verdadera.

- En la ventana circular del computador "CR" - señalada "CAS", se hace coincidir la velocidad calibrada de 220 nudos, con la altitud presión de 20,000 pies.
- Se mueve el cursor sobre el sector señalado "Indicated Temperature °C" hasta que la -

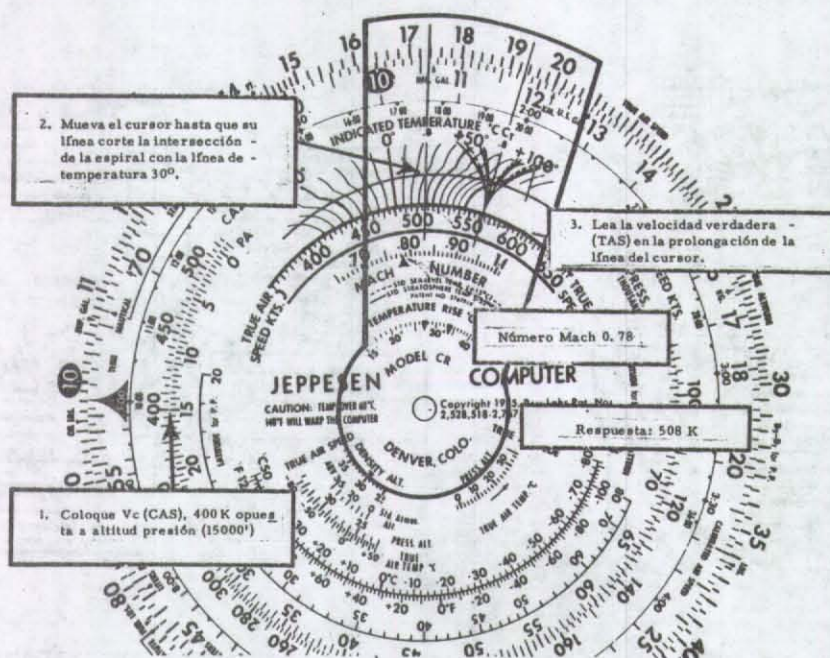


FIGURA No. 31

línea izquierda de él - quede sobre la intersección de la curva de temperatura de -30°C , con la espiral grabada en el fondo del computador.

- c) Siguiendo hacia abajo la misma línea izquierda del cursor, hallamos en la ventanilla siguiente la velocidad verdadera de _____.

288
Nudos

- d) Más abajo y frente al índice marcado "Mach Number" encontramos el Número Mach equivalente a la velocidad verdadera hallada, este es: _____.

0.485

- e) Todavía más hacia el centro del computador encontramos otra ventanilla señalada como "Temperature Rise $^\circ\text{C}$ ". En ella y frente al índice izquierdo del cursor podemos leer _____, que representa el aumento en la lectura debido al efecto de fricción; por tanto, la temperatura real se obtiene restando la corrección obtenida a la temperatura indicada, en este caso la temperatura real será de _____.

9°C

-39°C

En el computador modelo "CSG" de Jeppesen, el cálculo de la velocidad verdadera o equivalente cuando se tiene velocidades -

por temperatura, que resulta de _____

351
Nudos

Para corregir por compresión se obtiene el factor "F" de la tabla que se encuentra en la rejilla del propio computador, el factor "F" resulta de _____

.97

Multiplicando la velocidad obtenida anteriormente por el factor "F", se obtiene realmente la velocidad equivalente de _____

342
Nudos

53. Altitud presión 45,000'; -
Temperatura Indicada -
-35°C; Velocidad Calibrada 200 nudos. Temperatura Real _____ Velocidad Verdadera o equivalente _____

-56°C
428
Nudos

54. AP. 25,000', TI (Temperatura Indicada) -15°C, -
VC. 325 Nudos. TR. (Temperatura Real) _____
VV. _____

-42°C
446
Nudos

55. AP. 40,000', TI. -30°C, -
VC. 210 Nudos. TR. _____
_____, VV. _____

-49°C
414
Nudos

56. AP. 15,000', TI. -10°C, -
VC. 280 Nudos. TR. _____
_____, VV. _____

-23°C
341
Nudos

Número "Mach" es la relación entre la velocidad verdadera de una aeronave y la velocidad del sonido. (Ejemplo: Mach .5 es la mitad de la velocidad del sonido).

La velocidad del sonido en

el aire varía de acuerdo con la temperatura. Por tanto el mismo número Mach puede representar diferentes velocidades verdaderas a diferentes temperaturas.

Para un avión con un velocímetro convencional, puede determinarse el número Mach en función de la temperatura.

En los computadores "CR" el número Mach se determina en la forma señalada en el párrafo (c) del No. 51. En el computador "CSG" se lleva el índice "MACH" en la ventanilla "airspeed" a la temperatura real, se localiza la velocidad verdadera en la escala de millas y frente, en la escala de minutos se encuentra el número Mach correspondiente.

Ejemplo: Temperatura -
Real
Velocidad Verdadera
Número Mach

-10°C
170
Nudos
.27

57. Datos: Altitud Presión -
(AP) 5,000', Velocidad Calibrada -
(VC) 395 nudos.

Encontrar: Número Mach, con computador "CR":

a) Coloque la altitud-presión frente a la velocidad calibrada en la ventanilla

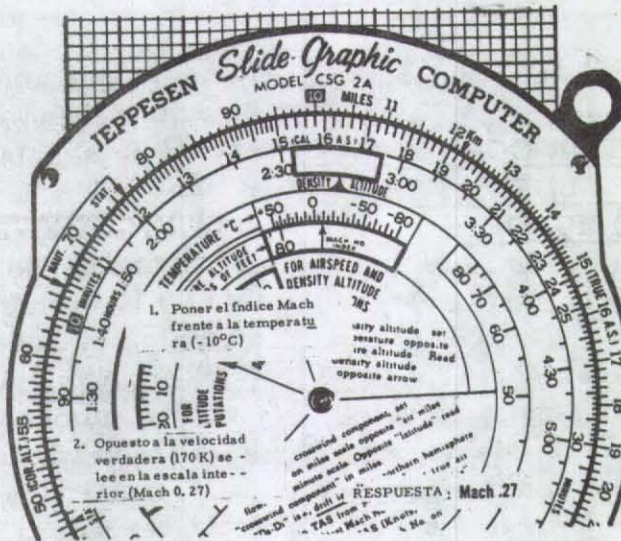


FIGURA No. 33

circular señalada como "CAS"-"PA".

- b) Frente al índice "Mach Number" se lee el número Mach correspondiente: _____

.65

En aviones donde se dispone de indicador de número Mach y termómetro, se puede calcular la velocidad verdadera con el computador CR de la siguiente manera:

58. Datos: Número Mach indicado 1.16
 Temperatura -
 Indicada 10°C.

Encontrar: Velocidad Verdadera.

- a) Se coloca el índice de número Mach frente a 1.16.
 b) Se mueve el cursor -

hasta que su línea izquierda quede sobre la intersección de la curva de temperatura - 10°C con la espiral y bajo la misma línea se lea la velocidad verdadera de _____

690
 Nudos

Ajustando el índice unitario de la escala de minutos frente al número 60 de la escala de millas, en la ventanilla "Air Speed" aparecerá una doble flecha señalada como Mach Index. Esta doble flecha relaciona las altitudes en una atmósfera tipo con las temperaturas y proporciona un medio de estimar la temperatura real a una determinada altitud de vuelo. Si la flecha de arriba se hace coincidir con una altitud presión, la otra flecha indicará la temperatura estimada correspondiente. También se utiliza esta doble flecha para determinar la velocidad del sonido para una temperatura dada. Por ejemplo, si se pone la flecha frente a -35°C se encontrará frente al índice unitario de la escala de minutos, en la escala de millas 600, esto indica que a la temperatura de -35°C, la

velocidad del sonido es de 600 nudos.

LADO DEL COMPUTADOR CORRESPONDIENTE A LOS PROBLEMAS DE TRIANGULO DE VELOCIDADES.

Computadores "CR". (Figura No. 34).

El lado del computador correspondiente a problemas de triángulo de velocidades tiene dos escalas de viento, una horizontal y otra vertical con dos graduaciones cada una de ellas, de 0 a 80 y de 0 a 160, que se emplearán según los datos del problema (1). En cada uno de los extremos de las escalas se han agregado los signos (-) o (+) (2) a fin de facilitar la forma en que debe aplicarse la corrección requerida en aquellos tipos de problema de más frecuente aplicación.

Bajo la escala se encuentra una esca

la negra que aumenta a derecha e izquierda del índice llamado "TC"; esta escala se señala como "W" a la derecha y como "E" a la izquierda y se utiliza para encontrar la derrota verdadera (TC) conociéndose la derrota magnética (MC) y la variación del lugar (3), por ejemplo, si la derrota magnética es de 252° y la variación de 15°E , se pondrá frente al número 15 de la escala negra de la izquierda el número 252 y sobre "TC", en la otra escala o se lee la derrota verdadera de _____.

267°

Cuando se planea un vuelo hay que operar con la velocidad verdadera del avión, la derrota y la dirección y velocidad del viento. Siempre debe tenerse el cuidado, antes de la resolución del problema, de que ambas velocidades estén expresadas en las mismas unidades y de que la referencia de las direcciones sea

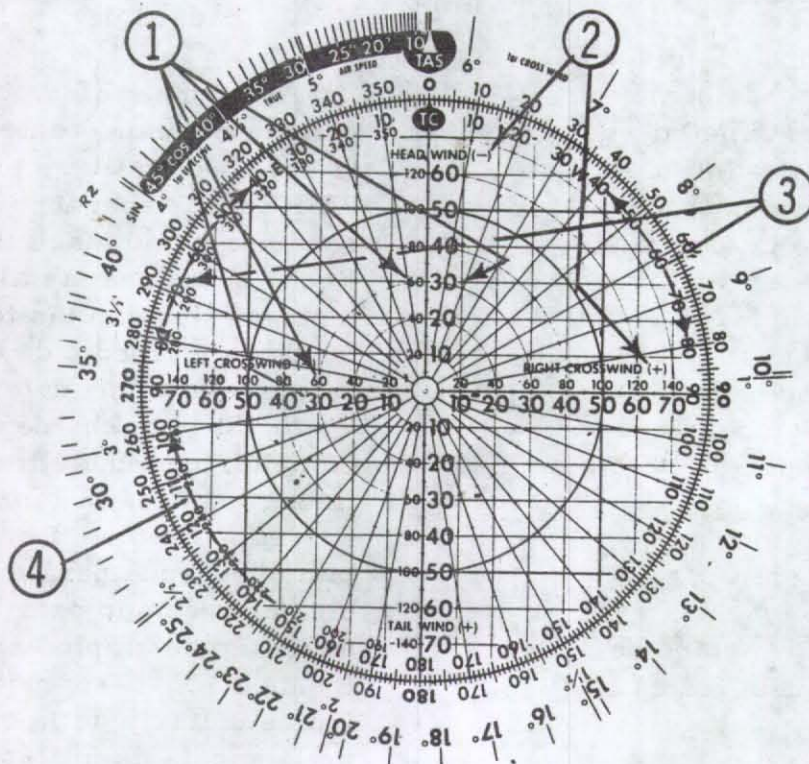


FIGURA No. 34

la misma; es decir, si se trata de derrota verdadera, la dirección del viento también debe ser verdadera, pero si la derrota es magnética, habrá que encontrarse la dirección magnética del viento.

TRIANGULO DE VIENTO.

En la Figura No. 35 pueden verse tres representaciones del triángulo de viento, en el No. 1 se ve el triángulo convencional, si se traza una línea desde el extremo del vector "rumbo verdadero-velocidad verdadera", perpendicular al vector "derrota verdadera-velocidad absoluta", se tendrá un pequeño triángulo en la parte superior del triángulo original como se ve en el No. 2.

En la resolución del triángulo con el computador "CR", como se ve en el No. 3, se asume que puede sumarse la componente del viento paralela a la ruta a la velocidad verdadera para obtener la velocidad absoluta y para un pequeño ángu-

gulo de corrección de deriva (Crab Angle), no se comete error considerable.

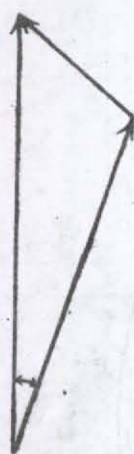
59. En el lado del computador destinado para la resolución de los triángulos de velocidades, el índice de velocidad verdadera (TAS), siempre se pondrá frente al valor de la velocidad verdadera, en caso de que esta sea 180, el índice se pondrá frente al número -

18

60. Para poner una velocidad verdadera de 350 nudos, el índice TAS debe colocarse en el número

35

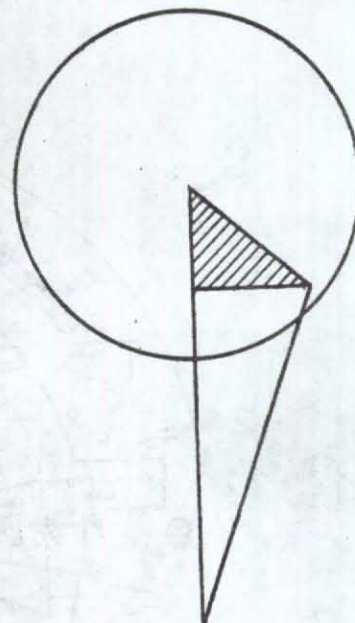
61. La escala del círculo móvil que contiene al índice-TAS, está en grados, esta escala se utiliza para determinar la corrección de



1



2



3

FIGURA No. 35

deriva correspondiente a la componente transversal del viento. Si se pone el índice TAS frente a 180 M. P. H., una componente de viento de través de 20 M. P. H., dará una corrección de deriva de _____.

6°

62. Con una velocidad verdadera de 200 nudos, una componente de viento de través de 30 nudos, requiere una corrección de deriva de _____.

9°

63. Con una velocidad verdadera de 130 M. P. H. una componente de viento de través de 30 M. P. H., requiere una corrección de deriva de _____.

13°

64. Para una velocidad verdadera de 250 nudos, una

componente de viento de través de 50 nudos, requiere una corrección de deriva de _____, pero si la componente es de solo 5 nudos, entonces la corrección de deriva será de _____.

12°
1°

65. A continuación de la escala en grados para la corrección de deriva se encuentra un disco móvil con otra escala que va de 0° a 360° y está impresa en color, en ésta se fija la derrota verdadera o magnética (True or Magnetic Course); y la dirección de donde procede el viento, en esta escala, el número 90 puede representar la derrota o trayectoria intentada, o bien la dirección de donde procede

El viento

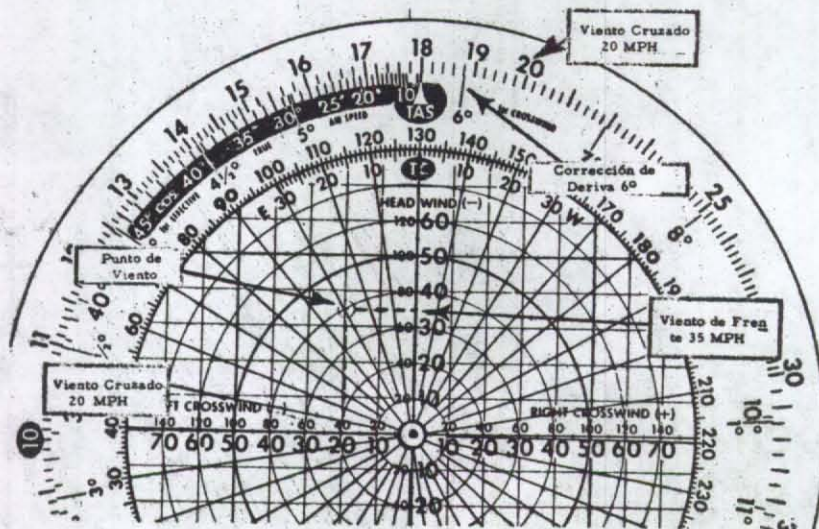


FIGURA No. 36

66. En el disco interior se encuentra impreso otro índice el "TC" (True Course); si la derrota verdadera es 250° , el número 250 de la escala en color se lleva sobre el índice _____

67. Si la derrota 300 es magnética y la variación es de 10°E , el número 300 de la escala en color se lleva sobre el número _____ de la escala izquierda y sobre el índice "TC", en la escala en color se lee _____ que representa la derrota verdadera.

68. Si se pone 175 frente a TC, la derrota verdadera será _____.

69. La escala de variación está exactamente abajo de la escala en color. Con una trayectoria verdadera intentada (derrota verdadera) de 060° en una área donde la variación es de 8°W , se pone el número 60 de la escala en color sobre TC y sobre el número 8 de la escala W de variación se lee _____ en la escala en color y este valor será la derrota magnética correspondiente.

70. La derrota magnética es la derrota verdadera corregida por variación. Si la derrota verdadera es de 355° y la variación magnética de 15°E , la derrota magnética es _____

71. Poniendo la derrota mag-

nética de 010° frente a la variación magnética de 15°W , se leerá la derrota verdadera de _____ sobre TC.

"TC"

72. Una derrota magnética de 238° , en una zona de variación magnética de 9°E , corresponde a una derrota verdadera de _____.

73. En la escala en color hay unos círculos concéntricos llamados círculos de velocidad que están espaciados distancias iguales pudiendo representar la separación entre ellos 10 unidades, o _____ según la escala que se elija.

74. Para resolver un problema de viento, primero se pone la velocidad verdadera frente al índice TAS, suponiendo que la velocidad verdadera es de 180 M. P. H., el índice se pondrá frente a _____.

75. Si la derrota verdadera es de 130° , se pone el número 130 de la escala color sobre _____.

76. Si la variación magnética es de 10°W , la derrota magnética será de _____

77. Supongamos que el viento es de los 100° y que tiene una intensidad de 40 M. P. H., en la intersección de la línea radial de la escala color correspondiente a 100, con el círculo de velocidad de 40 se

3550

2470

20

18

TC

1400

10
31.0

1750

0680

3400

pone un punto y se le llama punto de viento.

78. Partiendo del punto de viento y hacia abajo, se encontrará en la escala negra la velocidad de la componente transversal del viento _____ M. P. H.

20

79. Cualquier componente de viento de través (Cross Wind), a la derecha de la escala vertical, originará una deriva izquierda y una corrección de deriva derecha que deberá SUMARSE a la derrota para encontrar el rumbo a seguir. -
Cualquier componente de viento a la izquierda de la escala vertical deberá _____ a la derrota para encontrar el rumbo.

RESTAR
SE

80. Para evitar confusiones, en la escala horizontal donde aparece la componente de viento cruzado (Cross Wind) se han colocado el signo (-) a la izquierda y el (+) a la derecha.

81. Con una componente de viento de través de la izquierda de 20 M. P. H. se va a la escala de velocidad verdadera y frente a 20 de la escala exterior, en la escala interior se encuentra la corrección de deriva de _____, que deberá _____ a la derrota para encontrar el rumbo. Si la corrección se aplica a la de

derrota magnética, se encontrará el rumbo _____ RESTAR
SE
Magnético

6°

82. Para resolver un problema de viento, lo primero que hay que hacer es poner frente a TAS la _____ Velocidad Verdadera

Después se pondrá la derrota verdadera frente al índice _____.

TC

83. Con la velocidad verdadera y la derrota verdadera colocados frente a sus respectivos índices, la dirección y velocidad del viento se fija poniendo un punto en la intersección de la línea radial de dirección, con el círculo de velocidad correspondiente.

84. En la escala horizontal y exactamente abajo del punto de viento, se encuentra la componente de _____ del viento.

Través

85. La solución de un problema de viento siempre sigue el mismo procedimiento: velocidad verdadera, derrota verdadera y punto que define el viento, para encontrar en la escala horizontal la componente de _____.

Través o
Viento
Cruzado

86. Después de encontrar la componente de viento de través, con este valor se determina la _____ Corrección de Deriva

87. Con una velocidad verdadera de 170 M. P. H. una derrota verdadera de 240° , viento de $270^{\circ}/40$ M. P. H., la componente de viento cruzado es de _____ M. P. H. 20

El valor de esta componente, en la escala de velocidad verdadera corresponde a una corrección de deriva de _____ 7°

88. Cuando el punto de viento cae directamente arriba del centro del computador, se trata de un viento de frente y debe substraerse a la velocidad verdadera para encontrar la _____ Velocidad Absoluta

89. Con los datos del problema 87, si el punto de viento se desplaza horizontalmente hasta interceptar la escala vertical, se encontrará la componente longitudinal de viento, que en este caso es de frente y resulta ser de _____ M. P. H., este valor deberá restarse a la velocidad verdadera para encontrar la _____ Velocidad Absoluta 34

90. La velocidad absoluta, en el caso anterior será de _____ M. P. H. 136

91. Encuentre la velocidad absoluta y el rumbo magnético con los siguientes datos: velocidad verdadera 160 nudos, derrota verdadera 200° , variación mag

nética 10°E , viento $320^{\circ}/30$ nudos.

a) Ponga el índice de velocidad verdadera "TAS" frente al número _____. 16

b) Se pone la derrota verdadera 200° sobre el índice "TC" y frente a la variación 10°E se lee la derrota magnética de _____. 190°

c) El punto de viento en la intersección de la línea 320° con el círculo de velocidad de 30 y se encuentra la componente transversal de viento que es de la derecha y de _____ 26 Nudos

d) Para obtener la corrección de deriva lea frente al número 26 de la escala de velocidad el valor correspondiente en grados de la escala interior; resulta de _____. 9°

e) El valor de la corrección de deriva es 9° derecha y se suma a la derrota magnética para encontrar el rumbo magnético que será por tanto de _____. 199°

f) La velocidad absoluta se obtiene aplicando a la velocidad verdadera la corrección por viento longitudinal que se obtiene llevando el

punto de viento horizontalmente hasta la escala vertical, el valor obtenido es de _____.

15
Nudos

- g) Como la componente longitudinal del viento resulta de cola debe sumarse a la velocidad verdadera para obtener la velocidad absoluta que resulta de _____.

175
Nudos

92. Encontrar la velocidad absoluta y el rumbo magnético con los siguientes datos: velocidad verdadera 180 M. P. H., derrota verdadera 050°, variación magnética 5°W, viento 340°/40 M. P. H.

- a) Coloque la velocidad verdadera frente a _____.

"TAS"

- b) Ponga la derrota verdadera 050° y el siguiente paso es poner el _____.

Punto
de
Viento

- c) Con el viento de los 340° y de 40 M. P. H., se obtiene una componente de viento cruzado de _____ M. P. H.

38

- d) Para la componente de viento cruzado que se encontró, corresponde una corrección de deriva de _____.

12°I

- e) Para encontrar el rumbo magnético, se le aplica la corrección -

de deriva a la _____ Derrota Magnética

- f) Puesto que la componente de viento cruzado es de la izquierda la corrección de deriva debe _____ a la derrota magnética para obtener el rumbo magnético.

Restarse

- g) Al corregir la derrota magnética por viento, se obtiene un rumbo magnético de _____.

043°

- h) Cuando la corrección de deriva exceda de 10°, se puede obtener una velocidad absoluta con mayor exactitud usando la escala de "Velocidad Efectiva". Esta es la que queda a la izquierda del índice "TAS". Poniendo la velocidad verdadera de 180, si la corrección de deriva es 12°, lea la velocidad verdadera efectiva frente a 12° de la escala negra y encontrará _____.

176

- i) Ahora se lee la componente longitudinal del viento, que resulta de _____ M. P. H. y de frente.

14

- j) Aplicando esta corrección a la velocidad verdadera efectiva, se obtiene la velocidad absoluta de _____ M. P. H.

162

93. Velocidad verdadera 200 - nudos. Derrota verdadera 160° , variación 10° E. Viento $320^{\circ}/20$ nudos.

Corrección de deriva _____ 2° D
 Rumbo magnético _____ 152°
 219
 Velocidad absoluta _____ Nudos

94. Velocidad verdadera 180 - nudos, deriva 15° , velocidad verdadera efectiva - _____ nudos.

174

95. Cuando la corrección de deriva resulta de más de 10° , la velocidad absoluta se obtiene sumando o restando la componente longitudinal del viento a la VELOCIDAD VERDADERA EFECTIVA. Con una velocidad verdadera de 150 M. P.H., una corrección de deriva de 15° y una componente de frente de 20 M. P.H., la velocidad verdadera efectiva resulta de _____ M. P.H., la velocidad absoluta de _____ M. P.H.

145

125

96. La velocidad verdadera efectiva solo se usa cuando la corrección de deriva resulta mayor que _____

10°

97. Velocidad verdadera 150 - nudos; derrota verdadera 140° , variación magnética 10° E; viento $030^{\circ}/40$ nudos.

Rumbo magnético _____ 115°
 158
 Velocidad absoluta _____ Nudos

En vuelo puede determinar la velocidad verdadera, la derrota verdadera o trayectoria, el rumbo verdadero y la velocidad absoluta. Con estos elementos del triángulo de velocidades, puede calcularse el viento en vuelo empleando el siguiente procedimiento:

Datos: Velocidad verdadera 180 M. P.H. Trayectoria verdadera 175° . Rumbo verdadero 160° . Velocidad absoluta 144 M. P.H.

Encontrar: Dirección y velocidad del viento.

Resolución:

a) Se pone el índice "TAS" frente a la velocidad verdadera 180.

b) La diferencia entre la trayectoria verdadera y el rumbo verdadero es la deriva de _____

15°

c) Como la deriva es mayor de 10° , es necesario determinar la velocidad verdadera efectiva; para esto se localiza 15° en la escala negra y frente se lee _____, esta será la velocidad verdadera efectiva.

174

d) Se determina la diferencia entre la velocidad verdadera efectiva

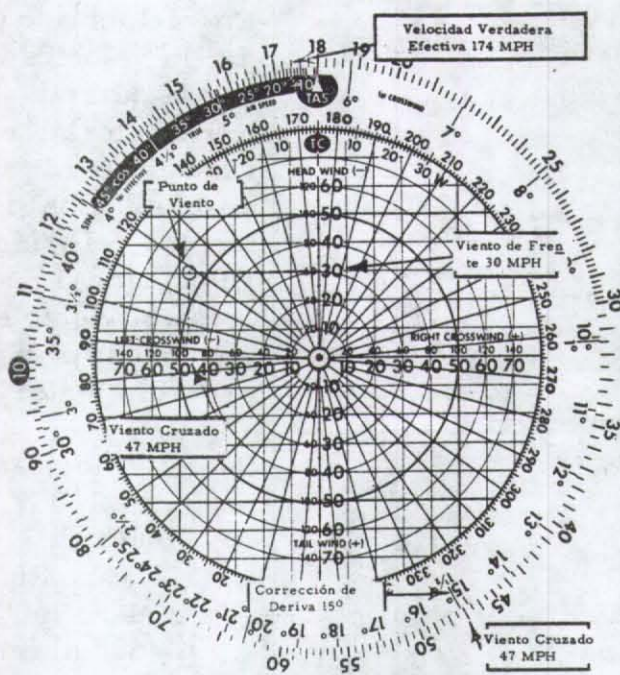


FIGURA No. 37

y la velocidad absoluta para determinar la componente longitudinal del viento que resulta de _____ M.P.H. Por ser la velocidad verdadera efectiva mayor que la velocidad absoluta, la componente longitudinal llamada será de _____

30

Frente

- e) Ahora se encuentra la componente de viento cruzado. Se busca 15° en la escala media y frente, en la escala exterior se lee el valor de la componente, que resulta de _____

47

M. P. H.

- f) Se coloca sobre el Índice "TC" la trayecto-

ria verdadera 175°. Se localiza la componente longitudinal de frente a 30 unidades hacia arriba del centro en la escala vertical y la componente de través 47 unidades a la izquierda sobre la escala horizontal, es a la izquierda porque el rumbo es menor que la trayectoria, viento de la izquierda.

- g) Se encuentra el punto de intersección de las dos perpendiculares levantadas desde los extremos de las componentes de viento y esta intersección será el punto de viento. Su

posición muestra que- 118°/55
el viento es _____ M. P. H.

_____ nudos.

10

98. En vuelo se han determi--
nado los siguientes valo--
res:

Velocidad verdadera 160 -
nudos. Velocidad absoluta
150 nudos. Trayectoria -
verdadera 180°. Rumbo -
verdadero 172°.

a) La diferencia entre la
trayectoria y el rum--
bo es la deriva. Si la
trayectoria es mayor--
que el rumbo, el vien
to es de la _____

Izquier
da

b) Puesto que la trayecto
ria verdadera es de -
180° y el rumbo verda
dero es de 172°, la co
rrección de deriva re
sulta de _____.

8°I

c) La componente de vien
to cruzado que corres
ponde a la deriva halla
da es de _____ nudos.

22

d) La diferencia entre la
velocidad verdadera y
la velocidad absoluta -
es de _____ nudos.

10

e) La velocidad absoluta
es menor que la velo
cidad verdadera por -
tanto la componente -
longitudinal de viento--
será de _____

Frente

f) El valor de la compo
nente de frente es de -

e) La velocidad absoluta
es menor que la velo
cidad verdadera por -
tanto la componente -
longitudinal de viento--
será de _____

Frente

f) El valor de la compo
nente de frente es de -
_____ nudos.

10

g) Levantando las dos -
perpendiculares de los
extremos de las com
ponentes, estas se in
terceptan en el punto
de viento, que resulta
de los _____ y de ____
nudos.

115°
24

99. Velocidad verdadera 170 -
nudos. Velocidad absoluta
192 nudos. Trayectoria -
verdadera 200°. Rumbo -
verdadero 209°. El viento
es de los _____ con ____
nudos.

329°
34

100. Los siguientes datos per
miten resolver los puntos
de (a) a (h) inclusive.

Altitud presión 8, 000 pies.

Temperatura a nivel de -
vuelo 5°C.

Derrota verdadera 200°.

Variación magnética 5°W.

Viento 345°/30 nudos.

Velocidad indicada 150 M.
P. H.

(Recuerdese que la velocidad de la aeronave y la velocidad del viento deben estar dadas en el mismo tipo de unidades).

Distancia: 425 millas terrestres.

Consumo de combustibles: 12 galones por hora.

a) La altitud densimétrica es de _____ 8,600 Pies

b) La velocidad verdadera es de _____ 171 M. P. H.

c) La derrota magnética es de _____ 205°

d) La corrección de deriva resultó de _____ 7°D

e) El rumbo magnético es de _____ 212°

f) La velocidad absoluta es de _____ 199 M. P. H.

g) Sumando tres minutos más para el ascenso, el tiempo para volar a 425 millas terrestres, será _____ 2:11

h) En 2:07 se consumirán _____ galones de combustible. 25.4

101. Altitud presión 5,000 pies.

Temperatura al nivel de vuelo 10°C.

Derrota verdadera 120°.

Variación magnética 8°E.

Viento 175°/20 nudos.

Velocidad indicada 150 M. P. H.

Distancia 540 millas náuticas.

Combustible a bordo 40 galones.

Consumo 6 galones por hora.

El total de tiempo de vuelo, incluyendo 3 minutos por el ascenso es de _____ 04:15

El total de combustible consumido _____ 25.5 Galones

Datos: Velocidad verdadera 180 M. P. H. Derrota verdadera 130°. Variación magnética 10°W. Viento 100°/40 M. P. H.

Encontrar: Corrección de deriva. Rumbo magnético. Velocidad absoluta.

Resolución:

a) Pongase el índice de velocidad verdadera (TAS) frente al número 18 (180 M. P. H.)

b) Localice la derrota verdadera, 130°, en la escala en color y lleve este número sobre el índice (TC). En la escala de variación se

busca el número 10 a la derecha del índice - (TC) por tratarse de - variación "W". Frente a 10 y en la escala ver de se leerá la derrota magnética de 140° .

- c) Ahora se pone el punto de viento en la intersección de la línea radial de 100° y el círculo de velocidad de 40 M. P. H.
- d) Leyendo directamente hacia abajo del punto, en la escala horizontal, se tiene la componente de viento cruzado de la izquierda y de 20 M. P. H. Se busca este valor en la escala exterior y directamente adentro se encontrará el valor de la corrección de deriva de 6° I.
- e) Como la componente de viento cruzado es de la izquierda, la corrección de deriva también es izquierda y por tanto deberá restarse a la derrota para encontrar el rumbo; si lo que se requiere es el rumbo magnético, entonces se restará a la derrota magnética: $140^{\circ} - 6^{\circ} = 134^{\circ}$. El rumbo magnético a seguir para conservar la derrota propuesta, será de 134° .
- f) Regresando al punto -

de viento y leyendo directamente a la derecha de él en la escala vertical, se encuentra la componente longitudinal del viento que resulta de 35 M. P. H. Como esta componente queda arriba del centro del computador, se trata de componente de frente y por tanto tiene que restarse a la velocidad verdadera para encontrar la velocidad absoluta:

$$180 - 35 = 145 \text{ M. P. H.}$$

COMPUTADORES "CSG".

En este computador los problemas de triángulo de velocidades se resuelven con el auxilio de una rejilla que puede deslizarse dentro del cuerpo del propio computador.

En la rejilla, tal como se ve en la Figura No. 38, están impresos arcos de circunferencias concéntricas y equidistantes, estas se denominan "Círculos de Velocidad". Se encuentran separadas dos unidades y numeradas de 20 a 300 de un lado de la rejilla y de 200 a 700 en el otro lado. Estos círculos de velocidad se utilizan para medir las velocidades en el triángulo; es decir, la velocidad del viento, la velocidad verdadera y la velocidad absoluta.

En la rejilla también se encuentran impresas unas líneas radiales denominadas líneas de trayectoria, que representarán trayectorias o rumbos, según el caso y el ángulo formado entre ellas será la deriva o la corrección de deriva.

El espaciamiento entre las líneas -

NAVEGACION POR ESTIMA

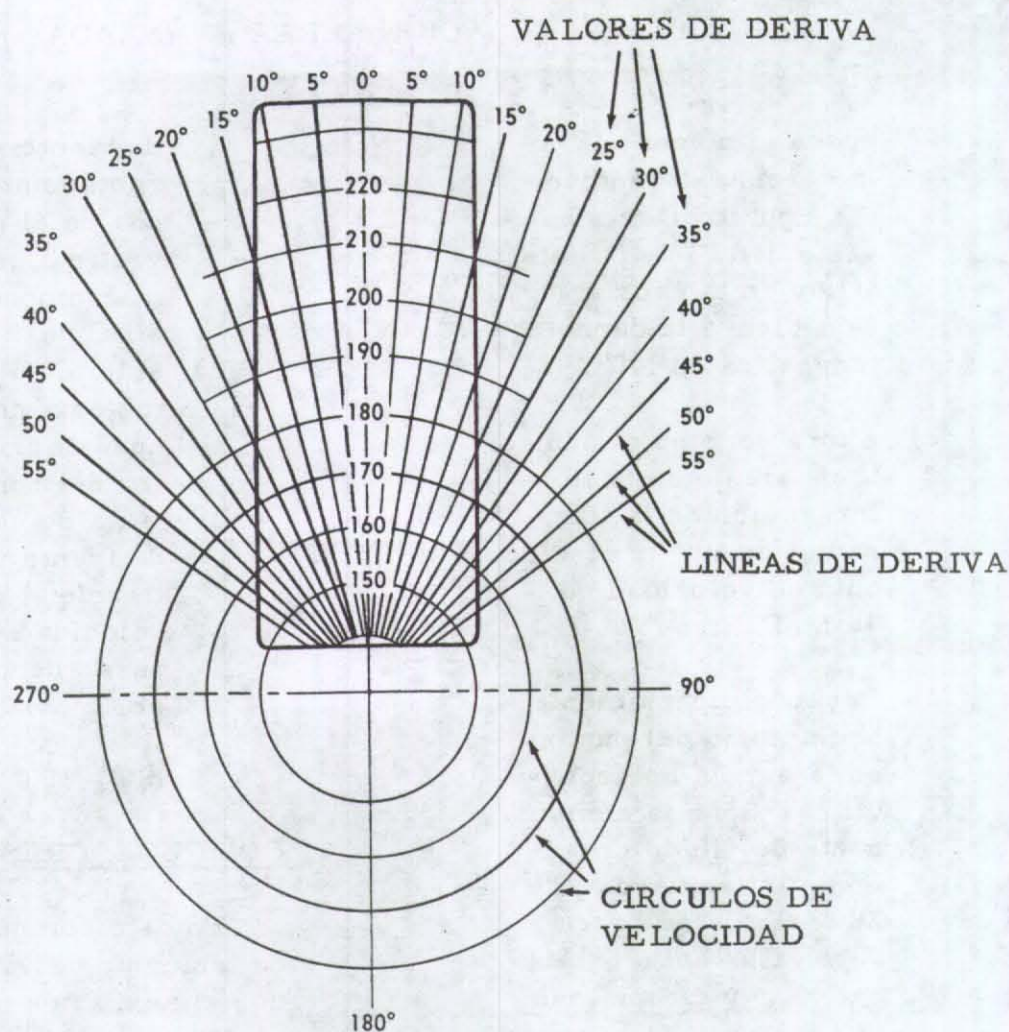


FIGURA No. 38

radiales consecutivas es de 1° por arriba de las 150 unidades de velocidad y de 2° para velocidades menores.

En el cuerpo del computador se encuentra impreso un índice llamado "True Index" y a cada lado de él una escala 0° a 45° llamada escala de deriva y variación.

Resolución del Triángulo:

Datos: Viento	240°/30 Nudos
Derrota verdadera	195°
Velocidad verdadera	180 Nudos

Encontrar: Rumbo verdadero y velocidad absoluta.

Resolución:

- Ponga la dirección del viento (240°) frente al "True Index".
- Trace el vector de viento en la línea central con una longitud de 30 unidades y hacia arriba del centro del disco.
- Gire la rosa del computador hasta que frente al "True Index" quede la derrota verdadera (195°).

rumbo. A lo largo de esta línea se busca el círculo correspondiente a la velocidad absoluta de 154 nudos y en la intersección se coloca un punto que representará la cabeza del vector viento.

- e) Se gira la rosa del computador hasta que el punto de viento quede directamente abajo del centro del círculo sobre la línea central.
- f) Se lee, frente al True Index, la dirección de donde proviene el viento (058°).
- g) La distancia del centro del círculo al punto trazado, representa la velocidad del viento (13 nudos).

104. Datos: Rumbo verdadero. 026°
 Velocidad verdadera. 200 Nudos
 Trayectoria verdadera 028°
 Velocidad absoluta. 224 Nudos

Encontrar: La dirección y velocidad del viento.

- a) Se pone el rumbo ver-

dadero (026°) frente al

True Index

- b) Se desliza la rejilla - hasta que en el centro quede el círculo correspondiente a la

Velocidad Verdadera

- c) La diferencia entre el rumbo y la trayectoria es la

Deriva de 2°D

- d) Se localiza la línea de trayectoria a la de la línea central.

2° Derecha

- e) Se pone un punto en la intersección de la línea de trayectoria con el círculo correspondiente a la velocidad

Absoluta

- f) Se gira la rosa hasta que el punto trazado quede del centro del círculo.

Abajo

- g) Frente al True Index se lee la dirección del viento

225°

- h) La distancia del centro al punto trazados da la velocidad del viento

25 Nudos

CAPITULO No. 4

PROBLEMAS DE ESTIMAPOSICION SIN VIENTO (AIR POSITION, OR NO WIND POSITION).

La posición en el aire es simplemente un método gráfico para encontrar la posición del avión de haber volado en condiciones de viento cero. Esta información no parece tener mucho valor, sin embargo, se utiliza para determinar gráficamente el viento en vuelo. Además, la posición sin viento es una importante ayuda para visualizar la relación entre rumbo y trayectoria y la que tienen la velocidad verdadera y la velocidad absoluta.

Partiendo de una posición definida en la carta, se traza una línea en dirección y sentido del rumbo verdadero con

una longitud definida por el tiempo y la velocidad verdadera. El extremo de la línea trazada representa la posición sin viento.

El siguiente ejemplo muestra la forma de determinar la posición sin viento después de haber volado a varios rumbos:

Datos: Velocidad verdadera (TAS) para todo el problema 140 nudos.

A las 0800 el rumbo verdadero (TH) es 045° .

A las 0810 se cambia a rumbo (TH) 110°

A las 0830 se cambia a rumbo (TH) 060°

A las 0850 se cambia a rumbo (TH) 090°

A las 0900 se obtiene una posición observada.

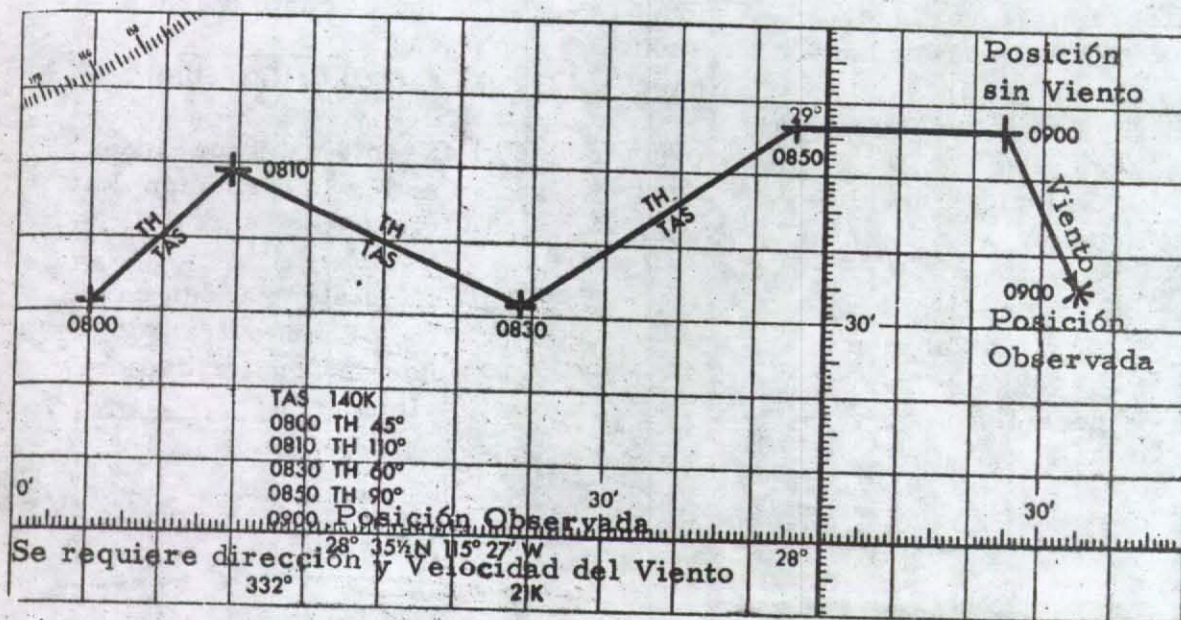


FIGURA No. 41

- d) Deslice la rejilla hasta que el círculo de velocidad verdadera (180) quede bajo la cola del vector del viento.
- e) Lea la corrección de deriva ($7^{\circ}D$) representada por el ángulo entre la línea central y la línea de rumbo que pasa por la cola del vector viento. Puesto que la corrección de deriva es derecha, tendrá que sumarse a la derrota para encontrar el rumbo: $195 + 7 = 202^{\circ}$. Este será el rumbo verdadero.
- f) La velocidad absoluta se lee en el centro del

disco (158 nudos).

102. Datos: Viento 225°/15 Nudos
 Derrota verdadera 275°
 Velocidad verdadera 140 Nudos

- a) Se pone la dirección del viento (225) frente al True Index
- b) Se traza el vector de viento hacia _____ del centro del círculo. Arriba
- c) Se gira la rosa hasta que _____ que den frente al True Index. 275°
- d) Se desliza la -

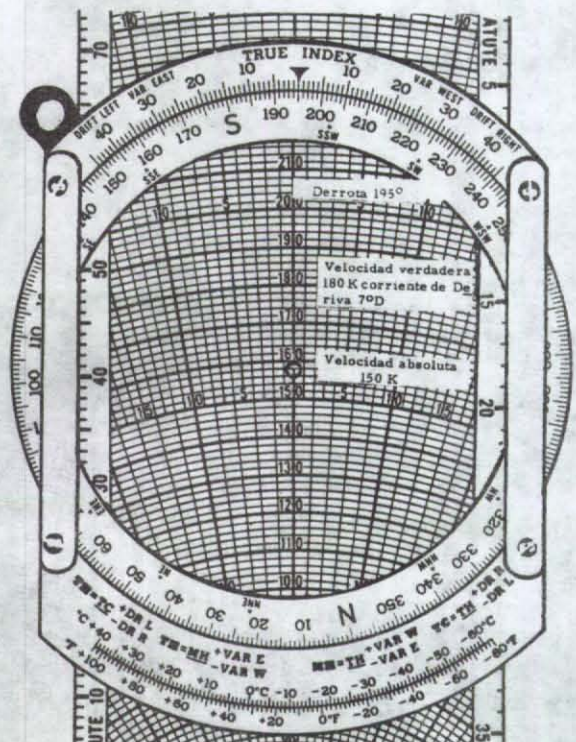
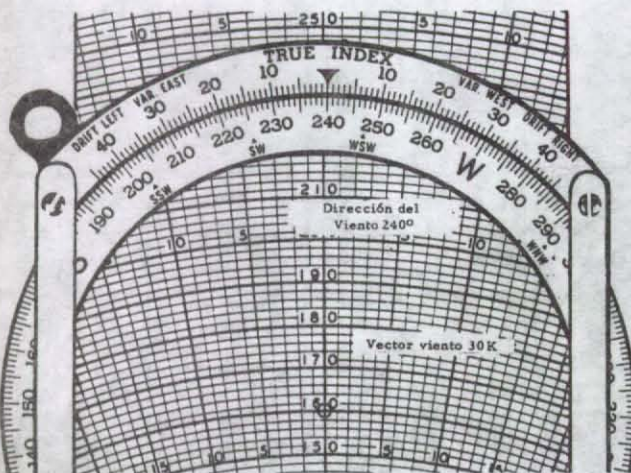


FIGURA No. 39

rejilla hasta que en la cola del vector viento quede la velocidad verdadera de _____

140
Nudos

e) Se lee una corrección de deriva de _____

5°I

f) El rumbo verdadero será de _____

270°

g) La velocidad absoluta resulta de _____

130
Nudos

103. Datos: Rumbo verdadero 118°
Velocidad verdadera 160
Trayectoria verdadera 122°
Velocidad absoluta 154

Nudos

Encontrar: Dirección y velocidad del viento.

a) Se pone el rumbo verdadero (118°) frente al True Index.

b) Se desliza la rejilla hasta que el círculo de velocidad corresponde a la velocidad verdadera (160) quede en el centro del círculo.

c) Se compara la trayectoria y el rumbo, la diferencia es la deriva. Como en este caso la trayectoria es mayor que el rumbo, la deriva será derecha y de 4°.

d) Se localiza la línea de trayectoria 4° a la derecha de la línea central que representa el

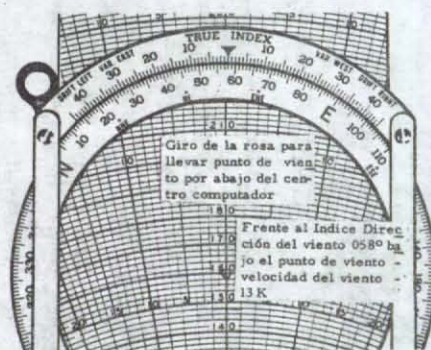
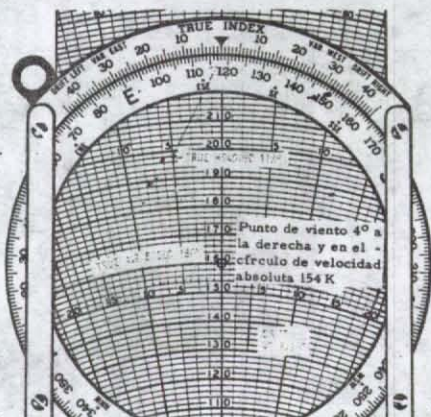
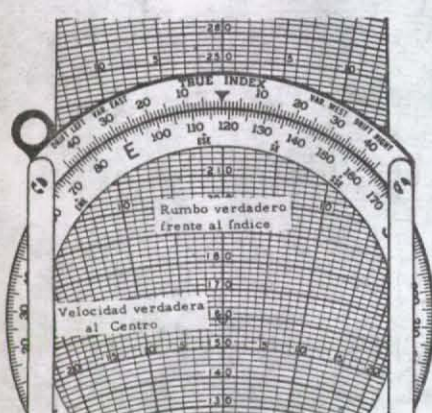


FIGURA No. 40

Encontrar: Dirección y velocidad del viento.

Solución:

- a) A partir del origen se traza una recta en dirección verdadera 045° con una longitud de 24 millas náuticas (distancia volada a la velocidad de 140 nudos en 10 minutos).
- b) Se trazan en la misma forma los tramos correspondientes a los otros rumbos.
- c) Se fija la posición observada de las 0900 y este punto se une con la posición sin viento dada por el extremo del último tramo trazado. La línea que une representa el viento.
- d) Se mide la dirección y velocidad del viento.

TRAZADO DE LA POSICION DE ESTIMA (DR POSITION).

El trazado de la posición de estima es desde luego más usada que la posición sin viento.

Es una buena costumbre mantener trazada la posición de estima con suficiente anticipación. Por lo menos las correspondientes al reporte de posición. También es conveniente tener trazadas las estimas correspondientes a cambios de rumbo o a cambios significativos en el viento.

El trazado de la estima se hace tomando en cuenta el efecto del viento pronosticado; o sea, de acuerdo con la trayectoria estimada y la velocidad absoluta también estimada. También puede trazarse sobre la trayectoria intentada, derrota y de acuerdo a la velocidad absoluta calculada.

Ejemplo: Un avión sobre el punto "X" a las 0000, con rumbo verdadero de 270° y velocidad verdadera de 150 nudos. El viento pronosticado es de los 035° y de 17 nudos. Trazar la posición estimada de las 0045.

Solución:

- a) En el computador se resuelve el triángulo de velocidades encontrándose el valor de la velocidad absoluta, 160 nudos y la deriva 5° izquierda. Como consecuencia la trayectoria será de 265° .
- b) Con la velocidad absoluta, 160 nudos, se calcula la distancia recorrida en 45 minutos que resulta de 120 millas náuticas.
- c) A partir de la posición de las 0000 se traza la trayectoria con dirección 265° y se limita a una distancia de 120 millas náuticas. Este extremo será la posición estimada de las 0045. (Figura No. 42).

En vuelo la posición de estima se usa para varios propósitos:

- a) Reporte de posición.
- b) Puntos de cambio de rumbo a lo largo de la ruta.
- c) Entrada a una zona de cambio de vientos de pronóstico.
- d) Posiciones de referencia para cálculos de líneas de posición.

HORA ESTIMADA DE LLEGADA (ETA).

La hora estimada de llegada o arribo al destino o puntos intermedios de reporte, es simplemente una posición de

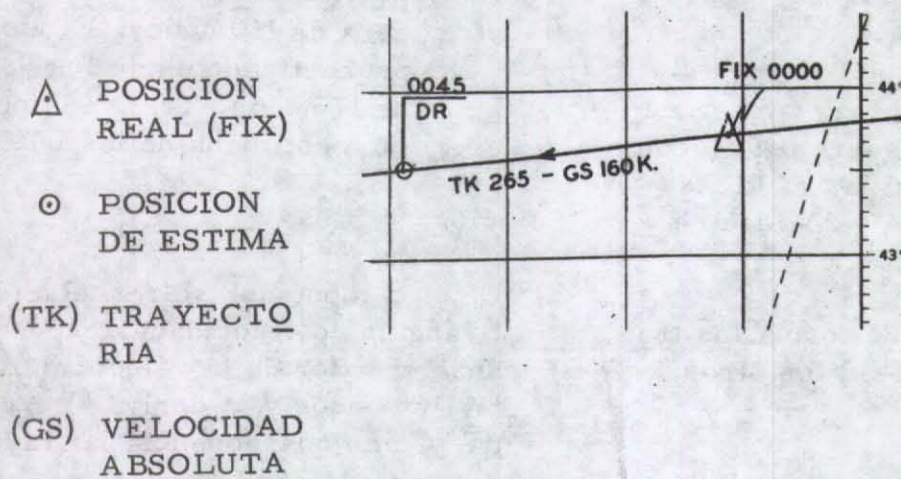


FIGURA No. 42

estima expresada en términos de tiempo. Para calcular una hora estimada de arribo en tramos relativamente cortos, se puede usar la velocidad absoluta obtenida de acuerdo con el viento promedio, pero tratándose de destinos lejanos, o puntos de reporte muy separados, conviene que se tomen los diferentes vientos pronosticados para cada zona que se cruce.

Ejemplo: A las 1830, un avión está volando a una velocidad absoluta de 254 nudos. ¿Cuál será su

hora estimada sobre (ETO), un radiofaro que se encuentra a una distancia de 178 millas náuticas de su posición actual?

Solución:

- Se determina el tiempo con el computador; resulta de 42 minutos.
- Se suman 42 minutos a la hora actual: $1830 + 0042 = 1912$; esta será la hora estimada sobre el radiofaro. (Figura No. 43).

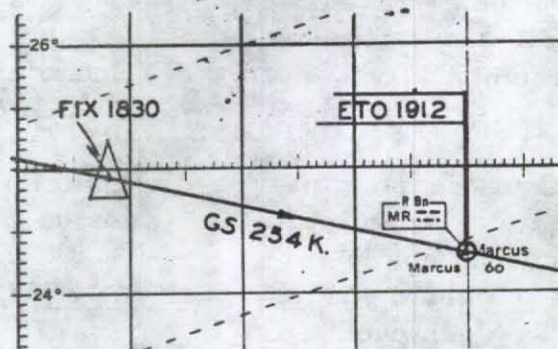


FIGURA No. 43

Ejemplo: A las 0715 se obtiene una posición que confirma una velocidad absoluta de 242 nudos. El plan de vuelo; sin embargo, indica que la velocidad absoluta a través de las dos zonas que siguen antes de llegar al destino serán respectivamente, 260 nudos y 278 nudos. Si la distancia al destino medida a partir de la posición de las 0715, es de 630 millas náuticas, ¿cuál será la hora estimada de arribo (ETA)?

Solución:

- a) Aunque la velocidad absoluta comprobada a las 0715 es de 242 nudos, es evidente que la velocidad absoluta aumentará a lo largo de la distancia restante, especialmente si el pronóstico de viento usada para el plan de vuelo es suficientemente exacto. El sentido común nos indica que la hora estimada de arribo debe estar basada en el promedio de las velocidades absolutas estimadas para las dos zonas restantes. El promedio en este caso resulta de 269 nudos.
- b) Con el computador y usando la velocidad absoluta promedio, se calcula el tiempo necesario para volar las 630 millas náuticas; resulta de 0221.
- c) Las 0221 se suman a la hora de la posición actual: $0715 + 0221 = 0936$. Esta será la hora estimada de arribo (ETA). Estrictamente hablando, ETA significa la hora estimada de arribo a, o sobre el destino, aunque a menudo se usa erróneamente para indicar la hora estimada sobre puntos intermedios de reporte, la cual debe ser ETO. Muchas líneas aéreas internacionales distinguen entre ETA-

a, o sobre el destino y ETA en plataforma llamándole a esta ETAB. ETAB se obtiene sumando a ETA en tierra más dos o tres minutos empleados en carreteo.

DETERMINACION DE LA DERIVA.

Hay dos maneras diferentes de encontrar el valor de la deriva en vuelo:

- a) Estableciendo la diferencia angular entre el rumbo verdadero del avión y la trayectoria seguida entre dos puntos determinados.
- b) Usando el radar.

El primer método es en sí la resolución de un triángulo de velocidades para el que se tiene el rumbo verdadero del avión, la velocidad verdadera y la trayectoria y la velocidad absoluta obtenidas entre dos posiciones de confianza.

La deriva también puede determinarse usando el radar, fijando una serie de posiciones y la resolución de triángulos de velocidades.

PROBLEMAS ESPECIALES DE ESTIMA

Entre los problemas de estima, se tienen algunas características que se presentan con frecuencia en la navegación aérea. Para la resolución de ellos, como en cualquier problema de estima, se emplean tanto la resolución del triángulo de velocidades, como las fórmulas generales de velocidad-distancia-tiempo.

PROBLEMA DE FUERA DE TRAYECTORIA.

No es de ninguna manera alarmante el no encontrarse en todo momento

volando sobre la trayectoria asignada, sobre todo en navegaciones largas. Lo importante en las navegaciones de largas distancias, particularmente en operaciones sobre el mar, no es regresar de inmediato a la trayectoria, sino saber donde se encuentra realmente el avión y que es lo que se debe hacer. En realidad la posición instantánea del avión siempre es estimada; esto se debe al desplazamiento del avión durante el tiempo que se emplea en calcular y trazar la posición de confianza. Así que la posición actual siempre será determinada por estima. Una vez determinada la posición, el siguiente paso es saber que hacer respecto al rumbo.

CORRECCION DE RUMBO.

Supongamos que un avión vuela bajo circunstancias en las cuales la economía de combustible no tiene importancia y una posición de confianza determinada por cualquier método indica que el avión está a 50 millas fuera de la trayectoria deseada. En este caso hay cuatro soluciones asequibles (Figura No. 44). - Tomar un rumbo para seguir la trayectoria paralela; tomar un rumbo para re-

gresar de inmediato a la trayectoria; - tomar el rumbo que nos lleve directamente al destino, ó bien a un punto de la trayectoria deseada.

El primer método realmente no tiene razón de ser, el segundo método es antieconómico y no se usa a menos que la autorización de tráfico obligue a mantener una trayectoria específica; el tercero o el cuarto son los más prácticos y se usan con más frecuencia.

Hay un procedimiento simple para resolver el problema con el solo uso de la carta y un computador. Para seguir un rumbo correspondiente a la trayectoria paralela se ha establecido un factor que aplicado al rumbo actual permite seguir una trayectoria paralela a la intentada originalmente. Este factor consiste en una corrección de 1 grado por cada milla de alejamiento de la trayectoria en cada 60 voladas. Por ejemplo, si un avión después de volar 120 millas, se encuentra a 8 millas a la derecha de la trayectoria intentada, su error de rumbo será de 4° a la derecha y aplicando estos 4° como corrección izquierda al rumbo, se volará una trayectoria

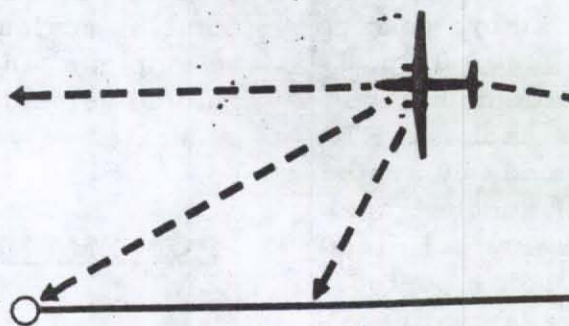


FIGURA No. 44

paralela a la original. El valor de esta corrección puede determinarse fácilmente para cualquier distancia aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Corrección} = \frac{60 \times \text{millas fuera de trayectoria}}{\text{Millas Voladas}}$$

RUMBO PARA REGRESAR A LA TRAYECTORIA ORIGINAL.

Si es necesario regresar a la trayectoria original, se obtiene una corrección por medio de la misma fórmula y se duplica el valor. Esta doble corrección se aplica al rumbo actual y se vuelve manteniendo el nuevo rumbo por un tiempo igual al volado hasta el momento del viraje, después de transcurrido este tiempo se estará nuevamente en la trayectoria original y será necesario quitar la mitad de la corrección para mantenerse en ella.

Ejemplo: Después de 50 minutos de vuelo a un rumbo 270°, un avión se encuentra a 10 millas de su trayectoria y a 120 del punto de partida. Usando la fórmula, se tiene: $\frac{60 \times 10}{120} = 50$, esta será la corrección al rumbo para seguir la trayectoria para-

lela; doblando su valor se tendrá 10° como corrección para aplicarse al rumbo y regresar a la trayectoria, se sumará si el avión se encuentra a la izquierda y el rumbo resultante será 280°, mismo que se conservará por 50 minutos, al final de los cuales el avión se encontrará nuevamente en la trayectoria y entonces se quita la mitad de la corrección quedando el rumbo 275° que se mantendrá para llegar al destino por la trayectoria original.

RUMBO DIRECTO AL DESTINO.

Lo que se hace con frecuencia es de terminar una nueva trayectoria desde la posición actual hacia el destino y determinar el rumbo a seguir resolviendo el triángulo de velocidades en la forma que ilustra el siguiente ejemplo:

A las 1710 se obtiene una posición de confianza la cual indica que el avión se encuentra alejado 55 millas a la derecha de la trayectoria deseada entre New York y Bermudas y a 285 millas del destino. Después de trazar la posición de confianza, se establece una posición de

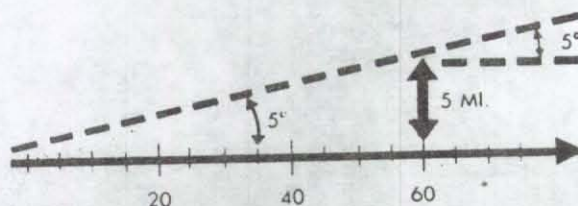


FIGURA No. 45

estima para las 1725 y se traza la nueva trayectoria desde esta posición al destino (Bermudas). Basándose en el viento-determinado por la posición de confianza y la posición sin viento correspondiente, se calcula el nuevo rumbo verdadero que llevará directamente al destino. Empleando el mismo viento se calculará la nueva velocidad absoluta y por tanto la nueva hora estimada de llegada (ETA).

Los problemas de fuera de ruta pueden resolverse en forma más simple, pero desde luego con menos exactitud empleando directamente cualquier computador en la forma que su respectivo instructivo lo especifica.

Para determinar el valor de la deriva con el computador "CR", se coloca frente al índice "TAS" la distancia volada y frente a la distancia fuera de trayectoria se lee la deriva correspondiente para trayectoria paralela, si frente al índice TAS se coloca la distancia al destino, frente a la distancia fuera de trayectoria se lee la corrección de deriva que sumada a la anterior dará la corrección total para rumbo directo al destino.

PROBLEMA DE ENCUENTRO.

Cuando dos aeronaves vuelan en la misma ruta, pero en sentido opuesto, la velocidad de acercamiento entre ellas es igual a la suma de sus dos velocidades absolutas.

Si en un instante cualquiera se conoce la distancia que separa a las dos aeronaves, se puede calcular el tiempo que transcurrirá antes de que los dos aviones se encuentren; así mismo se puede determinar el lugar donde sucederá el encuentro.

Ejemplo: Un avión paso sobre Santa Rosalía a las 1520 Z volando por la aerovía V-1 hacia la Paz, con una velocidad absoluta de 135 nudos, otro avión pasa sobre la Paz a las 1530 Z, volando por la misma aerovía hacia Santa Rosalía con una velocidad de 145 nudos, la distancia entre la Paz y Santa Rosalía es de 222 millas náuticas. Se desea saber a que hora y a que distancia de la Paz sucederá -

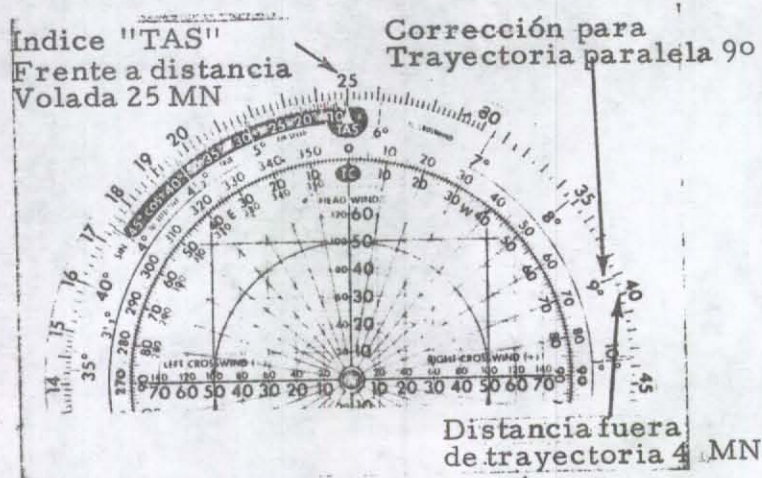


FIGURA No. 46

el encuentro.

Resolución: A las 1530 Z el avión que vuela hacia la Paz habrá recorrido 22.5 MN (V_a 135, tiempo 10 minutos), por tanto la distancia entre los dos aviones a las 1530Z será de 199.5 MN ($222 - 22.5$). La velocidad de acercamiento se obtiene sumando ambas velocidades ($145 + 135 = 280$). Con la velocidad de 280 nudos la distancia de 199.5 MN se recorren en 43 minutos, así que la hora del encuentro será 1613Z ($1530 + 0043$). La distancia de la Paz al lugar del encuentro será de 103 MN (V_a 145, tiempo 43 minutos). Como comprobación podemos determinar la distancia desde Santa Rosalía empleando la velocidad del otro avión, 119 MN (V_a 135, tiempo 53 minutos) ($119 + 103 = 222$).

PROBLEMA DE ALCANCE.

Si dos aviones vuelan por la misma ruta y en el mismo sentido, siendo la velocidad absoluta de uno mayor que la del otro, se presenta un problema de alcance en el que debe determinarse la hora y el lugar donde este alcance suceda.

Ejemplo: Un avión volando por la aerovía verde 1 hacia Mazatlán, se reporta sobre los Mochis a las 1650Z, su velocidad absoluta es de 130 nudos. Diez minutos después, es decir a las 1700Z, se reporta otro avión sobre los Mochis siguiendo la misma ruta que el anterior y con una velocidad absoluta de 150 nudos. Se desea saber la hora en que sucede el alcance y la dis-

tancia de los Mochis al punto de alcance.

La velocidad de alcance se obtiene de la diferencia de las dos velocidades absolutas de los aviones, $150 - 130 = 20$ nudos. La distancia que separa a los aviones a las 1700Z es de 22 millas náuticas, calculada de acuerdo a la velocidad del primer avión y al tiempo transcurrido desde que paso sobre los Mochis. Con la velocidad de alcance, 20 nudos y la distancia de 22 millas náuticas, se calcula un tiempo de 1 hora 6 minutos, por tanto el alcance es a las 1806Z y a una distancia de 165 millas náuticas de los Mochis. Esta distancia se calcula con la velocidad de cualquiera de los dos aviones y el tiempo correspondiente. Si se utiliza la velocidad del primer avión, 130 y el tiempo 0106, se obtiene una distancia de 143, sumándole las 22 millas náuticas que ya había recorrido da 165. Si se utiliza la velocidad del segundo avión, 150 y el tiempo 0106, se obtiene directamente 165 millas náuticas.

TECNICA Y PATRON DE BUSQUEDA.

En vuelos no militares hay solamente dos raras ocasiones en que un avión se ve precisado a seguir una búsqueda en el aire.

El primer caso sería una búsqueda de supervivientes de un desastre en el mar y el segundo sería una búsqueda de una pequeña isla de destino en la cual no se contara con facilidades para recalar. Afortunadamente ninguno de estos dos casos se presenta con mucha frecuencia, pero hay varios procedimientos disponibles en caso de que se presenten.

En el primer caso, cuando se trata de buscar supervivientes, la clase de patrón de búsqueda depende:

- a) Del grado de exactitud con que se conoce la posición de las víctimas.
- b) Del número de aviones que participan en la búsqueda y
- c) De la visibilidad horizontal.

En el segundo caso, el patrón depende:

- a) De la cantidad de combustible remanente.
- b) De la visibilidad horizontal.

BUSQUEDA POR PATRON DE CUADRO CRECIENTE. (Figura No. 47).

Este patrón se inicia desde el punto en el cual se cree que se encuentra el objeto buscado y se expande hacia afuera de este punto siguiendo trayectorias a ángulos rectos y a distancias iguales a dos veces la visibilidad estimada. Si por ejemplo, se estima una visibilidad de 4 millas, la longitud de las dos primeras piernas del patrón serán de 8 millas. Las siguientes dos piernas serán de 16 millas, las siguientes dos de 32, las siguientes dos de 64 y así se irá duplicando el valor. Todos los virajes se hacen usualmente a la izquierda.

El procedimiento de volar un patrón de este tipo se puede simplificar haciendo que unas piernas del patrón sean paralelas a la dirección del viento y por tanto las otras sean perpendiculares. Si por ejemplo se llega al punto con viento de frente, se tendrán piernas con viento de frente, piernas con viento de cola, piernas con viento cruzado de la derecha y piernas con viento cruzado de la izquierda. En las piernas de viento de cola la corrección de velocidad será aditiva, en las de viento de frente substractiva, pero el valor de la corrección se-

rará el mismo. En las piernas de viento cruzado de la derecha, la corrección de deriva será a la derecha, en las de viento cruzado de la izquierda la corrección de deriva será izquierda, pero en ambos casos el valor de la corrección de deriva será el mismo.

Las altitudes recomendables para búsqueda van desde los 500 hasta los 2 000 pies dependiendo de la visibilidad.

ASCENSO Y DESCENSO.

El ascenso a la altitud de crucero, así como el descenso en las proximidades del aeropuerto de destino, no son prácticamente problemas del navegante, sino del control de tráfico, excepto cuando estos problemas se aplican a los transportes "Jet".

Para ilustrar el procedimiento veamos la Figura No. 48. Consideramos un avión que va a volar de Bermuda a Azores directamente. La altitud de crucero es de 20 000 pies y se quiere establecer el punto donde se inicia el vuelo de crucero (Level off), es decir, el momento en que se alcanza la altitud establecida.

El despegue se hace a las 1025 y el avión asciende en trayectoria. Los vientos pronosticados para la primera zona que se inicia en Bermuda son los siguientes:

ALTITUD	VIENTO	ALTITUD	VIENTO
Superficie	240°/14K	15 000	285°/35K
5 000	260°/22K	20 000	300°/50K
10 000	275°/28K		

Para el ejemplo consideremos un régimen de ascenso de 500 pies por minuto. Después de que se ha calculado el rumbo inicial antes del despegue usando

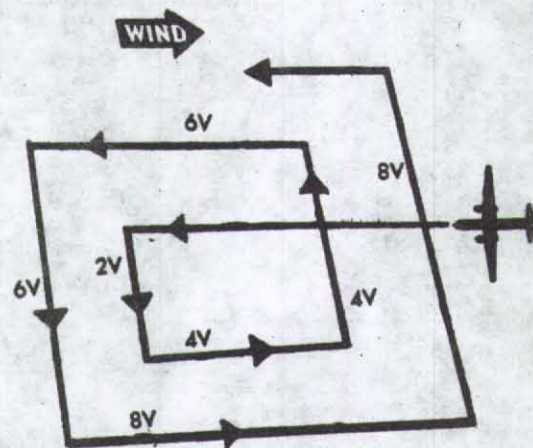


FIGURA No. 47

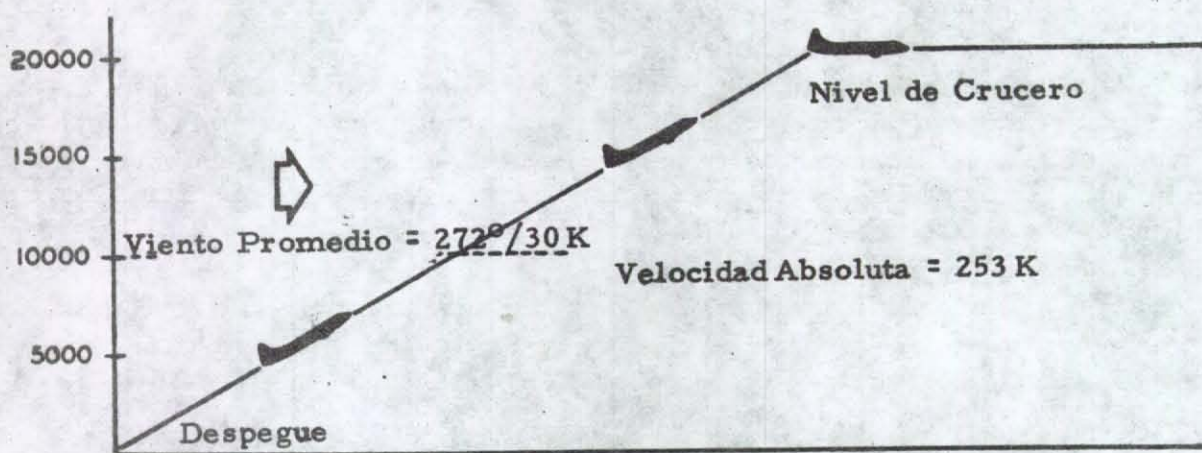


FIGURA No. 48

el viento pronosticado para la primera zona a 20 000 pies, el problema siguiente es determinar la velocidad absoluta que se estima durante el ascenso.

Para encontrar la velocidad absoluta de estima durante el ascenso, es necesario determinar antes el promedio de los vientos entre la elevación del aeropuerto y la altitud de crucero. Este promedio puede determinarse de tres maneras diferentes:

- a) Por la media aritmética.
- b) Por interpolación y
- c) Usando el pronóstico correspondiente a la altitud media.

De los tres métodos el tercero es el más fácil y el que con más frecuencia se usa, aunque no necesariamente sea el más exacto.

El ascenso en este problema es del nivel del mar a 20 000 pies, así que la altitud media es de 10 000 pies y el pronóstico para esta altitud 2750/28 K. Si con este viento pronosticado corregimos la velocidad verdadera promedio en ascenso, encontraremos la velocidad absoluta estimada entre el punto de despegue y el punto en que se alcanza la altitud de crucero.

Refiriéndonos al mismo avión, se observa que si ha ascendido a razón de 500 pies por minuto, ha tardado en alcanzar la altitud de crucero 40 minutos, o sea a las 1105. Para trazar la posición a esta hora, se calcula la distancia de acuerdo con la velocidad absoluta calculada con el viento promedio y se mide sobre la trayectoria.

En la práctica el procedimiento es generalmente innecesario, ya que en las

proximidades de los aeropuertos es relativamente fácil establecer posiciones con las ayudas de radio disponibles.

El problema de descenso es esencialmente el inverso del ascenso, aunque en todo vuelo está sujeto a las instrucciones del control. En otras palabras, ningún avión debe empezar su descenso a discreción, sino que esperará siempre las instrucciones de tráfico para hacerlo.

RADIO DE ACCION.

Por radio de acción se entiende la distancia máxima que una aeronave puede recorrer en una determinada dirección con una cierta carga de combustible y regresar al punto de partida o a un aeropuerto de alternativa con una reserva de combustible establecida.

El radio de acción depende de la cantidad de combustible que se lleva a bordo, del gasto de combustible, de la velocidad verdadera, de la velocidad del viento y del ángulo de viento.

AUTONOMIA.

Por autonomía se entiende el tiempo máximo que un aeroplano puede conservarse en vuelo sin reabastecerse de combustible.

Es igual a la cantidad de combustible dividida entre el gasto horario.

PUNTO SIN REGRESO.

Llámase "punto sin regreso" el punto más alejado en la ruta al que puede llegar un avión y tener todavía combustible suficiente para regresar al punto de partida. Teóricamente si se rebasa ese punto no alcanzará el combustible para regresar al punto de partida y llegar a

él con la reserva establecida.

RADIO DE ACCION SIN VIENTO.

Calcular el radio de acción que tendría un avión en caso de no haber viento, es tarea muy fácil. Sería igual al producto de la velocidad verdadera por la mitad de la autonomía.

El máximo radio de acción para un determinado avión, con una determinada cantidad de combustible, se obtiene cuando no hay viento. El viento siempre es perjudicial para el radio de acción, si se supone que va a soplar el mismo viento en el viaje de ida que en el de regreso. Para una intensidad dada, el viento menos perjudicial por lo que se refiere al radio de acción, es el perpendicular a la ruta.

RADIO DE ACCION CON VIENTO.

Hay dos clases de radios de acción; uno con regreso al punto de partida y otro con regreso al aeropuerto de alternativa distinto al de partida. Es más sencillo el primero.

Para la deducción de la fórmula de radio de acción con regreso al punto de partida, llamaremos:

T A la autonomía absoluta del avión, es decir, al tiempo total que puede permanecer en vuelo sin reabastecerse de combustible.

TC A la autonomía corregida, que es igual a la autonomía absoluta menos 45 minutos (0.75 horas) en vuelos menores de 1000 millas marinas, o igual a la autonomía absoluta menos el 25% de esta en vuelos a distancias mayores.

V₁ A la velocidad absoluta en el vuelo

de ida.

V₂ A la velocidad absoluta en el vuelo de regreso.

t₁ Al tiempo empleado en el vuelo de ida.

t₂ Al tiempo empleado en el vuelo de regreso.

La suma del tiempo empleado en el vuelo de ida y el tiempo empleado en el vuelo de regreso debe ser igual a la autonomía corregida:

$$t_1 + t_2 = TC \quad (1)$$

El espacio es igual a la velocidad por el tiempo, por tanto el radio de acción (distancia), debe ser igual a la velocidad absoluta de ida, por el tiempo de ida:

$$RA = V_1 \cdot t_1 \quad (2)$$

Como la distancia de ida debe ser igual a la de regreso, podemos poner:

$$RA = V_2 \cdot t_2 \quad (3)$$

De (2) y (3) tendremos:

$$V_1 \cdot t_1 = V_2 \cdot t_2 \quad (4)$$

pero de (1)

$$t_2 = TC - t_1$$

substituyendo en (4)

$$V_1 \cdot t_1 = V_2 (TC - t_1)$$

quitando el paréntesis:

$$t_1 \cdot V_1 = TC \cdot V_2 - t_1 \cdot V_2$$

Pasando al primer miembro de la

ecuación, la segunda expresión del segundo miembro, tendremos:

$$t_1 V_1 + t_1 V_2 = T_C V_2$$

Sacando a t_1 como factor común:

$$t_1 (V_1 + V_2) = T_C V_2$$

Despejando a t_1

$$t_1 = \frac{T_C V_2}{V_1 + V_2}$$

o bien, para facilitar su solución con el computador, podemos ponerla:

$$\frac{V_2}{t_1} = \frac{V_1 + V_2}{T_C} \quad (5)$$

El radio de acción tendrá que ser el tiempo empleado en el viaje de ida multiplicado por la velocidad absoluta de ida:

$$RA = t_1 V_1 = \frac{T_C V_1 V_2}{V_1 + V_2} \quad (6)$$

A menudo sucede que en una misma ruta se encuentran diferentes vientos en diferentes segmentos de ella, según la altitud a que se vuela. En ese caso deben tomarse valores medios de velocidades absolutas.

Ejemplo de cálculo de radio de acción con regreso a la misma base.

Avión interstate.

Combustible a bordo 32 galones (U.S. - gallons).

Gasto de combustible 8 galones por hora.

Velocidad verdadera (True Airspeed) 78 nudos.

Derrota verdadera (True Course) 060°.

Viento a la altitud de crucero: 240°/12 - nudos.

Velocidad absoluta en el viaje de ida 90 nudos.

Velocidad absoluta en el viaje de regreso 66 nudos. (Obsérvese que el viento es paralelo a la derrota).

Autonomía absoluta: 4 horas 00 minutos.

Autonomía corregida: 3 horas 15 minutos.

Substituyendo los valores en la fórmula (5), tenemos:

$$\frac{66}{t_1} = \frac{90 + 66}{03:15} = \frac{156}{03:15}$$

de donde:

$$t_1 = 01:22$$

y

$$RA = t_1 V_1 = 123 \text{ MN}$$

El avión puede recorrer en la trayectoria verdadera 060° la distancia de 123 millas marinas y regresar a su base o punto de partida sin reabastecerse de combustible, teniendo una reserva de 45 minutos previendo que el viento que encuentre en vuelo puede ser diferente del viento pronosticado.

PUNTO DE EQUITIEMPO.

El problema de conocer el punto de una trayectoria desde el cual el tiempo empleado en regresar al punto de partida es igual al tiempo para llegar al punto de destino, se presenta a menudo y es de interés. A ese punto se le llama punto de equitiempo.

En caso de que se efectuara el vuelo en aire en calma, el punto de equitempo estaría a la mitad de la trayectoria o tramo de trayectoria; pero si hay viento no sucederá así.

El cálculo del punto de equitempo se hace antes de decidir si se debe continuar al punto de destino próximo o regresar al de partida en caso de falla de motor o de cualquier otra emergencia que exija un aterrizaje tan pronto como sea posible y seguro.

La fórmula empleada para calcular el punto de equitempo tiene parecido a la de tiempo empleado en el vuelo de ida hasta el punto sin regreso.

$$X = \frac{D \cdot V_2}{V_1 + V_2} \quad (7)$$

o bien

$$t = \frac{D \cdot V_2}{V_1 (V_1 + V_2)}$$

En donde X es la distancia del punto de partida al punto de equitempo.

D Es la distancia total del punto de partida al de destino.

t Es el tiempo empleado en ir al punto de equitempo desde el punto de partida.

SOLUCION GRAFICA DEL RADIO DE ACCION CON REGRESO AL PUNTO DE PARTIDA.

Este problema tiene una solución gráfica muy sencilla, que se ilustra con el siguiente ejemplo:

Derrota verdadera (True course)	270°
Velocidad verdadera (TAS)	150
	Nudos

Viento	135°/30
" "	Nudos
Autonomía corregida	03:30

Sea A el punto de partida. A partir de "A" se traza el vector viento. Sea "W" el extremo del vector viento. Trácese la derrota de 270° desde el punto "A". A partir de "W" y con radio igual a velocidad verdadera (con arreglo a la escala usada) describase un arco que corte la derrota. La intersección de dicho arco con la derrota es "B". Unanse por medio de una recta "W" y "B". Se ha completado el triángulo de velocidades en el viaje de ida. "AB" representa la velocidad absoluta en el viaje de ida (170 K) y "WB" la velocidad verdadera. En la dirección y el sentido de "WB" está representado el rumbo verdadero (True Heading) (262°) que debe tomar el avión para contrarrestar la deriva y no apartarse de la derrota 270°.

Si desde el punto "A" se traza una recta hacia los 090° se tendrá la derrota verdadera de regreso. Se supone que el viento será el mismo en el viaje de regreso. Nuevamente, haciendo centro en W y con radio igual a velocidad verdadera, describase un arco que corte la derrota de 090°. Llámase "D" la intersección de ese arco y la derrota "AD" representa la velocidad absoluta de regreso $V_2 = 130K$. WD es la velocidad verdadera y en la dirección y sentido de "WD" está representado el rumbo verdadero (True Heading) (098°) que debe tomar el avión en el viaje de regreso.

Se explica el método gráfico para mejor comprensión: pero en la práctica la resolución se hace con computador de navegación, obteniéndose resultados suficientemente exactos.

Resolución con el computador "CR".

1. Se coloca el índice "TAS" frente a -

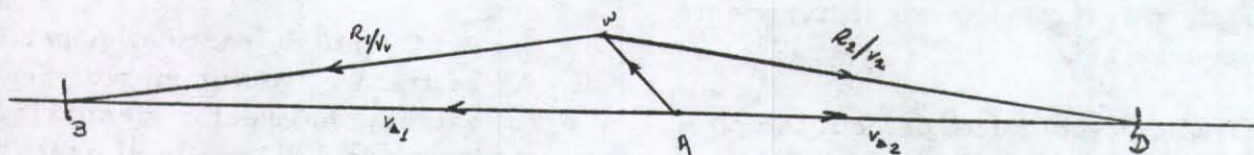


FIGURA No. 49

150.

2. Se pone sobre "TC" 270° .
3. Se pone el "punto" de viento en la intersección de la línea radial 135° con el círculo "30". Se lee la componente de viento cruzado, en este caso de "21" de la izquierda, se localiza el número 21 en la escala exterior y se ve que corresponde a una corrección de deriva de 8° izquierda para el vuelo de ida, por tanto el rumbo de ida es de 262° .
4. Puesto que la corrección de deriva resultó menor que 10° , no es necesario usar velocidad efectiva. A la derecha del punto de viento podemos leer la componente longitudinal 20, que por ser de cola se sumará a 150 para obtener la velocidad absoluta de ida (V_1) 170 nudos.
5. La velocidad absoluta de regreso (V_2) se obtiene poniendo sobre "TC" la derrota recíproca (090°) y se hacen las lecturas en la forma señalada, obteniéndose una velocidad absoluta (V_2) 130 nudos y un rumbo de regreso de 098° .
6. Se substituyen los valores en las fórmulas

para obtener el tiempo que se puede volar en la dirección señalada y el radio de acción en esa dirección:

$$t = \frac{T_c V_2}{V_1 + V_2};$$

ó bien:

$$\frac{V_2}{t} = \frac{V_1 + V_2}{T_c}$$

substituyendo:

$$\frac{130}{t} = \frac{170 + 130}{03:30}$$

$$\therefore t = 01:30$$

$$\text{y } RA = t_1 \cdot V_1:$$

$$RA = 01:30 \times 170 = 258 \text{ millas náuticas.}$$

Para la resolución con computador de rejilla, (Dalton o Jeppesen - "CSG"), se procede en la forma señalada para triángulo de velocidades.

PROBLEMAS:

Radio de acción a la misma base:

Velocidad Verdadera	Viento	Autonomía Corregida	Derrota Verdadera	Radio de Acción
1 160	250°/30 Nudos	05:10	020°	
2 200	315°/40 Nudos	04:00	340°	
3 180	170°/20 Nudos	03:15	220°	
4 320	310°/30 Nudos	03:40	130°	
5 600	300°/50 Nudos	03:10	220°	
6 205	195°/25 Nudos	08:00	010°	
7 213	160°/20 Nudos	04:50	020°	
8 185	050°/30 Nudos	02:20	120°	
9 168	150°/35 Nudos	04:15	260°	
10 400	095°/50 Nudos	02:45	015°	

INTERCEPCION:

Los problemas de intercepción se presentan en operaciones militares no en aviación civil. Sin embargo, el problema de radio de acción con regreso a un aeropuerto de alternativa distinto al punto de partida, es un caso especial de intercepción y como tal, tiene una solución fácil. Por esta sola razón se estudiará someramente la intercepción.

Interceptar una nave significa llegar a ella antes de que llegue a su destino.

El problema de intercepción consiste en calcular el rumbo y la trayectoria que debe tomar un avión para llegar a, o sobre un móvil (avión o barco), tomando en cuenta el viento que soplará a la altitud de crucero.

Dícese que dos móviles (tales como

aviones) están en trayectoria de colisión siempre que la marcación verdadera de uno con respecto al otro se mantenga constante.

Dicho esto en otras palabras, si desde una nave cualquiera se hace una marcación a una segunda nave y si después de cierto tiempo vuelve a hacerse una segunda marcación y esta resulta igual a la anterior, esto indica que ambas naves van en trayectoria de colisión, a menos que hayan partido simultáneamente de una posición común a las dos naves.

Cuando en un avión se desea interceptar un barco u otro avión, cuya velocidad y posición son conocidas, todo lo que tiene que hacer el piloto es aproar a un cierto rumbo y mantener una velocidad tal que la marcación verdadera a la nave que se va a interceptar se conserve constante en todo momento.

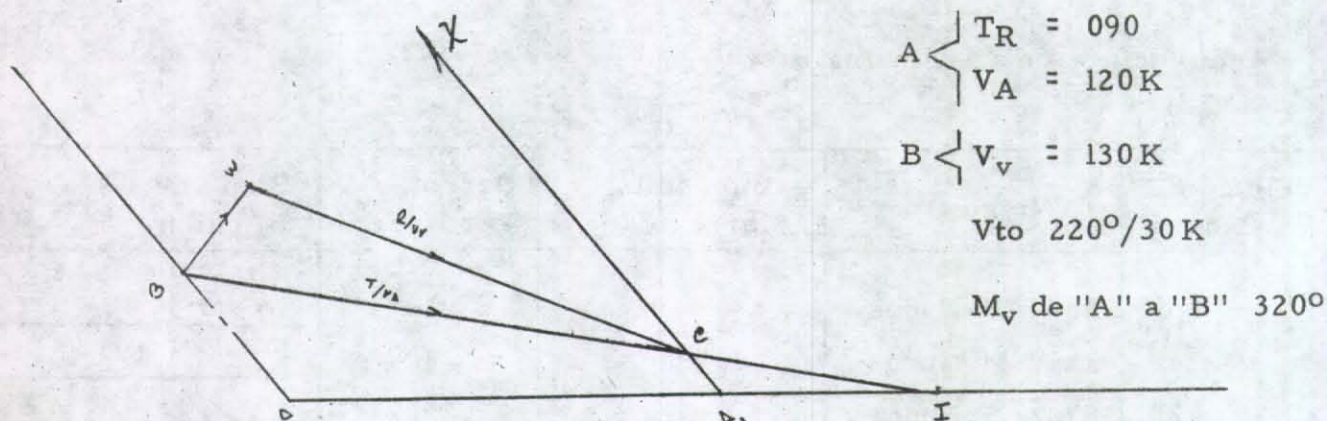


FIGURA No. 50

La Figura No. 50 ilustra un ejemplo de interceptación:

Supongamos que el avión "B" desea interceptar al avión "A". La trayectoria del avión "A" es 090° y su velocidad absoluta 120 nudos; al iniciarse el problema, la marcación verdadera de "A" a "B" es de 320° y la distancia que los separa 45 millas náuticas. Se desea determinar el rumbo del avión "B" para interceptar al avión "A" y el tiempo necesario para efectuar la interceptación.

Solución: A partir de "A", posición actual del primer avión, se traza la línea de marcación verdadera 320° y sobre esta línea a una distancia de 45 millas náuticas ponemos a "B".

Desde el punto "B" se traza el vector de viento y al extremo le llamamos "W", el viento en este caso es de 220°/30 nudos.

Se pone el punto "A₁" que representa la posición del avión "A" después de

una hora de vuelo y desde "A₁" se traza la misma marcación "A₁X". Para que haya interceptación, el avión "B" debe estar en algún punto de la línea "A₁X" después de una hora de vuelo.

Desde el punto "W" y con un radio igual a la velocidad verdadera del avión "B", (130 nudos) se traza un arco que corte a la línea "A₁X", al punto de corte le llamamos "C". Si unimos "W" con "C" tendremos el rumbo para interceptar (110°) y la velocidad verdadera. La línea "BC" representa la trayectoria de interceptación y la velocidad absoluta (141 nudos).

Se prolonga la línea "BC" hasta interceptar la trayectoria de "A" en el punto "I", este será el punto de interceptación.

Si relacionamos la distancia "AI" con la velocidad absoluta de "A" (120 nudos), tendremos el tiempo de 01:30 para que suceda la interceptación.

RADIO DE ACCION CON REGRESO A

UN AEROPUERTO ALTERNO.

Las fórmulas usadas para la resolución de estos problemas son las siguientes:

$$RA = \frac{T_c V_1 S_2}{S_1 + S_2} \quad y$$

$$t = \frac{RA}{V_1} = \frac{T_c \cdot S_2}{S_1 + S_2}$$

Las mismas fórmulas pueden ponerse como sigue para facilitar su resolución con el computador:

$$\frac{S_1 + S_2}{T_c \cdot V_1} = \frac{S_2}{RA} \quad y$$

$$\frac{S_1 + S_2}{TC} = \frac{S_2}{t}$$

RA = Radio de acción.

T_c = Autonomía corregida.

V₁ = Velocidad absoluta hacia el destino.

S₁ = Velocidad de alejamiento.

S₂ = Velocidad de acercamiento.

t = Tiempo empleado hasta el punto extremo del radio de acción.

Los valores que intervienen en las fórmulas señaladas se pueden obtener en forma gráfica o usando un computador.

METODO GRAFICO.

El siguiente ejemplo muestra la forma de obtener los valores que intervienen en las fórmulas.

Datos: Derrota verdadera del punto de partida al aeropuerto alterno 360°.

Distancia del punto de partida al aeropuerto alterno 90 millas náuticas.

Viento 135°/20 nudos.

Derrota verdadera al aeropuerto de destino 270°.

Velocidad verdadera 150 nudos.

Autonomía corregida 3 horas.

Solución:

Sea "A" el punto de partida. Se traza a partir de "A" la derrota al destino 270°. Se sitúa el aeropuerto alterno "E" al norte de "A" y a una distancia de 90 millas náuticas. Desde el punto "A" se traza el vector del viento y al extremo le llamamos "W". A partir de "W" y con un radio igual a la velocidad verdadera (150 nudos), se traza un arco hasta que corte a la línea de derrota al destino y al punto de intercepción le llamamos "D". Si unimos "D" con "W", tendremos el triángulo de velocidades correspondiente al vuelo hacia el destino. AD representa la velocidad absoluta de ida (V₁ = 163).

Para resolver este problema se supone que el aeropuerto de partida es un porta-aviones que va a comenzar a moverse en dirección del aeropuerto alterno en el mismo instante en que el avión sale en dirección del destino y a una velocidad deducida de la distancia al alterno y la autonomía corregida. Así que la trayectoria del supuesto porta-aviones

queda representada por la línea "AE".

Sobre la línea "AE" y a partir de "A", se mide la distancia recorrida en una hora por el supuesto porta-aviones (30 millas náuticas). Así resulta el punto "B".

Unimos con una recta los puntos "D" y "B".

Si suponemos que el avión y el supuesto porta-aviones parten al mismo tiempo del punto "A", una hora después el avión se encontrará en "D" y el porta-aviones en "B" y como "DB" es la distancia que separa a las naves después de una hora, a este valor le llamamos razón o velocidad de alejamiento ($S_1 = 166$).

Se prolonga hacia la derecha la línea "DB" y haciendo centro nuevamente en "W", se traza un arco con la velocidad verdadera (150 nudos) hasta cortar la línea prolongada y llamamos "F" al punto

de intercepción. La línea "AF" representa la derrota verdadera desde el punto extremo del radio de acción al alterno y la longitud de "AF" será la velocidad absoluta hacia el aeropuerto alterno ($V_2 = 141$ nudos). "WF" representa el rumbo verdadero desde el punto extremo del radio de acción hacia el aeropuerto alterno. "BF" será la velocidad o razón de acercamiento ($S_2 = 133$).

Si a partir del punto "E" se traza una paralela a "AF", hasta interceptar la prolongación de la línea "AD" en el punto "G", este será el extremo del radio de acción, o sea que la distancia "AG" representa el radio de acción (= 218 millas náuticas).

SOLUCION CON COMPUTADOR:

Computador con rejilla:

- 1) Trace el vector viento de arriba hacia el centro ($135^\circ/20$ nudos) llámelo

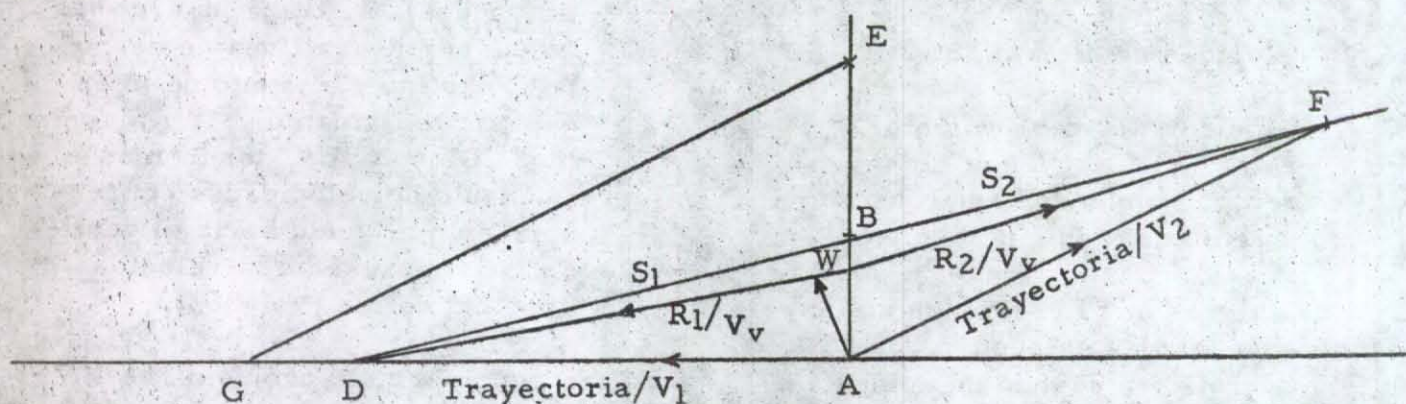


FIGURA No. 51

el extremo "W".

- 2) Ponga frente al índice verdadero - (True Index) la dirección del origen al alterno (360°).

- 3) Marque hacia abajo del centro el incremento en una hora sobre la ruta del origen al alterno.

$$\left(\frac{\text{Distancia al alterno}}{T_c} = \frac{90}{3} = 30 \right.$$

millas náuticas)

Llemele a este punto (S).

- 4) Ponga la derrota verdadera al destino frente al índice (True Index) - (270°) y deslice la rejilla hasta que la velocidad verdadera (150 nudos) - quede bajo la cola del vector viento.

- 5) Lea la velocidad absoluta de ida en el centro ($V_1 = 163$ nudos) y la velocidad de alejamiento bajo "S" ($S_1 = 166$ nudos). Aplique la corrección de deriva (5° izquierda) para encontrar - el rumbo (265°).

- 6) En la misma posición del computador, trace una recta paralela a las líneas de deriva que pase por "S".

- 7) Gira la rosa del computador hasta - que la línea trazada sea paralela a las líneas de deriva del lado opuesto, volviendo a poner la velocidad verdadera en la cola del vector viento.

- 8) Lea la velocidad de acercamiento bajo "S" ($S_2 = 133$ nudos), la velocidad absoluta hacia el alterno en el centro ($V_2 = 141$ nudos) y la derrota verdadera hacia el alterno frente al índice (068°).

- 9) Calcule el rumbo verdadero hacia el alterno aplicando la corrección de -

deriva (7° derecha) a la derrota verdadera. Rumbo verdadero = 075°.

- 10) Con los datos obtenidos substituídos en la fórmula, se tiene:

$$\frac{166 + 133}{0300} = \frac{133}{t}$$

$$\frac{299}{0300} = \frac{133}{t} \quad . \quad t = 01:20$$

$$RA = V_1 t$$

$$RA = 163 \times 1:20 = 218 \text{ millas marinas.}$$

COMPUTADOR "CR".

- 1) Coloque el viento, la velocidad verdadera y la derrota verdadera en la forma acostumbrada para determinar el rumbo verdadero y la velocidad absoluta. Primero coloque el punto de viento de 135°/20 nudos y enciérrelo en un círculo, en algunos casos es necesario usar la escala de "alta velocidad" para no hacer cambios posteriores al calcular el punto relativo. Se coloca el índice "TAS" frente a 150 nudos y 270° sobre "TC" obteniéndose una componente de viento de través de 13 que corresponde a una corrección de deriva de 5° izquierda y por tanto el rumbo verdadero al destino será 265°. La componente de viento de cola es de 13 y la velocidad absoluta hacia el destino será de 163 nudos.

- 2) El siguiente paso es encontrar el movimiento alterno al aeropuerto alterno el cual queda representado por un triángulo cuyos vertices llamaremos "A", "J" y "P". Asumimos que la base u origen se desplaza a 90 millas marinas (distancia del origen al alterno) en 3 horas.

El desplazamiento en una hora será por tanto de 30 millas marinas. Se gira la rosa hasta que bajo "TC" que de la dirección del origen al alterno (360°). A partir del punto de viento y hacia arriba tome la distancia de 30 millas marinas y coloque un punto, llamándolo "J".

- 3) Combine el punto "J" de movimiento relativo con el rumbo obtenido en el paso (1) para calcular S_1 y S_2 . Compruebe que el índice "TAS" sigue en 150 (la velocidad verdadera) y lleve el índice "TC" sobre 265° (rumbo verdadero), para determinar la deriva correspondiente al punto "J" y después, con esta deriva aproximada se ajusta el computador hasta que los cambios en las derivas aplicadas no sean significativos, o sea cuando se tenga bajo el índice "TC" una derrota a la que aplicándole la corrección de deriva correspondiente al punto "J" de el rumbo 265°, en este caso. Se vera que esto se logra cuando bajo "TC" queda 260°; en esta posición del computador se obtiene S_1 , aplicando a la velocidad verdadera la componente longitudinal que corresponde al punto "J" (16 de cola) $S_1 = 150 + 16 = 166$ nudos.

- 4) Girando la rosa 180°, se obtiene en la misma forma S_2 ; ahora la componente es también de 16, pero de frente, por tanto $S_2 = 150 - 16 = 134$ nudos.

dos. En esta posición del computador, si aplicamos la corrección de deriva correspondiente al punto "J", (5° izquierda), a 080° que tenemos bajo "TC", encontraremos el rumbo verdadero hacia el aeropuerto alterno (080° - 5° = 075°).

- 5) Substituímos los valores conocidos en la fórmula de radio de acción:

$$\frac{S_1 + S_2}{T_c} = \frac{S_2}{t}$$

$$\frac{166 + 134}{0300} = \frac{134}{t}$$

$$\frac{300}{0300} = \frac{134}{t}$$

- 6) En el lado opuesto del computador - colocamos 300 de la escala exterior frente a 0300 de la escala de horas - (180 minutos) y frente a 134 de la escala exterior encontraremos en la escala de horas 01:21, que representa el tiempo que se puede alejar por la ruta 270° y poder regresar al aeropuerto alterno llegando a él con la reserva de combustible establecida.
- 7) Si se desea la distancia a que se puede alejar del origen en la ruta 270°, se combina el tiempo con la velocidad absoluta de ida (163 nudos) obteniéndose el radio de acción.

$$RA = V_1 \cdot t$$

$$RA = 163 \times 01:21 =$$

220 Millas marinas.

EJERCICIOS DE RADIO DE ACCION A UN AEROPUERTO ALTERNO.

Veloci- dad - Verda- dera.	Viento (Wind)	Derrota al Desti- no	Direc- ción - de ori- gen al alter- no	Distan- cia del origen al al- terno- (mn)	Autono- mía co- rregi- da (fuel hrs.)	Rumbo al des- tino. - (TH - "out").	Rumbo al al- terno - (TH" - after - turn).	"t" Tiem- po al extre- mo - del - radio de ac- ción- (time to - turn)
198	270°/25 Kts.	150°	200°	210	3:15	_____	_____	_____
300	135°/60 Kts.	100°	180°	280	3:00	_____	_____	_____
215	340°/45 Kts.	222°	282°	350	4:30	_____	_____	_____
300	090°/40 Kts.	025°	340°	280	4:00	_____	_____	_____
250	015°/35 Kts.	080°	000°	150	2:50	_____	_____	_____
340	100°/50 Kts.	112°	240°	410	3:30	_____	_____	_____
250	010°/30 Kts.	070°	115°	280	4:10	_____	_____	_____
215	040°/15 Kts.	245°	160°	128	4:24	_____	_____	_____
180	270°/20 Kts.	050°	073°	562	4:00	_____	_____	_____
280	320°/80 Kts.	060°	010°	274	3:30	_____	_____	_____

RESPUESTAS A LOS PROBLEMAS DE RADIO DE ACCION:

RADIO DE ACCION CON REGRESO A LA MISMA BASE. -

- | | |
|------------|--------------|
| 1. 405 M N | 6. 1 035 M N |
| 2. 290 M N | 7. 540 M N |
| 3. 255 M N | 8. 193 M N |
| 4. 700 M N | 9. 400 M N |
| 5. 930 M N | 10. 430 M N |

RADIO DE ACCION CON REGRESO A UN AEROPUERTO ALTERNO. -

<u>RUMBO AL DESTINO</u>	<u>RUMBO AL ALTERNO</u>	<u>TIEMPO PARA HACER EL VIRAJE</u>
1. 156°	290°	01:41
2. 106°	229°	01:35
3. 232°	352°	02:00
4. 032°	222°	02:24
5. 073°	293°	01:28
6. 110°	265°	01:32
7. 064°	228°	02:32
8. 247°	079°	02:04
9. 038°	180°	02:44
10. 044°	285°	01:45

CAPITULO No. 5

RADIO NAVEGACION CON RADIO AYUDAS DE BAJA Y MEDIA FRECUENCIA

A través del país se tiende una red de caminos en el aire definidos por las señales de radio emitidas por estaciones especiales llamadas "Radiofaros". Cada uno de estos caminos se llama "Aerovía" y según la frecuencia a que transmite la estación que la define, puede ser de baja frecuencia (de "color") o de muy alta frecuencia (Victor).

Para balizar las aerovías de color se utilizan los radiofaros no direccionales (NDB o RBN) y los radioguías o radiofaros direccionales (Radio Range), aunque estos últimos han caído en desuso y sólo hay muy pocos en servicio actualmente.

La mayoría de los radiofaros de baja y media frecuencia utilizan las comprendidas entre 200 y 415 Khz y algunos tienen asignada otra frecuencia para operar en el día comprendida entre 1600 y 1715 Khz.

RADIOGUIAS DE ANTENA DE CUADRO (LOOP) "L".

Este sistema de radioguía tiene dos antenas de cuadro colocadas de tal manera que sus planos forman un ángulo de 90° entre sí. El patrón de radiación de cada cuadro tiene forma de 8, por tanto al superponerse los patrones de los dos cuadros queda para el sistema, un patrón en forma de trébol de cuatro hojas.

Letras Cuadrantales.

Una de las antenas del radioguía transmite letras "N" en Código Morse (-.), a esta antena se le llama antena

"N". La otra antena se le llama antena "A" y se utiliza para emitir letra "A" en Código Morse (. -). Cuando es necesario transmitir voz, se hace por ambas antenas.

El transmisor produce una onda portadora modulada a un tono audible de 1020 ciclos por segundo. Este tono es cortado por una llave alternando la emisión a las dos antenas con la siguiente secuencia: raya, punto, punto, raya, raya punto, punto, raya, etc. con esto resulta una señal de N (-.) en la antena "N" y una señal A (. -) en la antena "A". Debido a la característica direccional de las antenas, las letras cuadrantales A y N definen cuatro cuadrantes alrededor de la estación, pero en el sector que divide cada cuadrante puede escucharse una señal continua correspondiente al enlazamiento de las dos letras en la zona en que se reciben con la misma intensidad. Una vez cada 30 segundos, la transmisión de las letras A y N se interrumpe para emitir la identificación de la estación que primero se transmite por la antena N y luego por la antena A.

Al colocar dos antenas de cuadro a 90° una de otra, se logra un patrón de radiación como el que se ve en la Figura No. 52, creándose las siguientes zonas:

- 1) Cuadrantes. Estos son sectores donde predomina una señal, A o N. Generalmente los haces (donde las letras se enlazan), se orientan de tal manera de que coincidan con las aerovías; de aquí que en algunos casos el ángulo entre los haces no es de

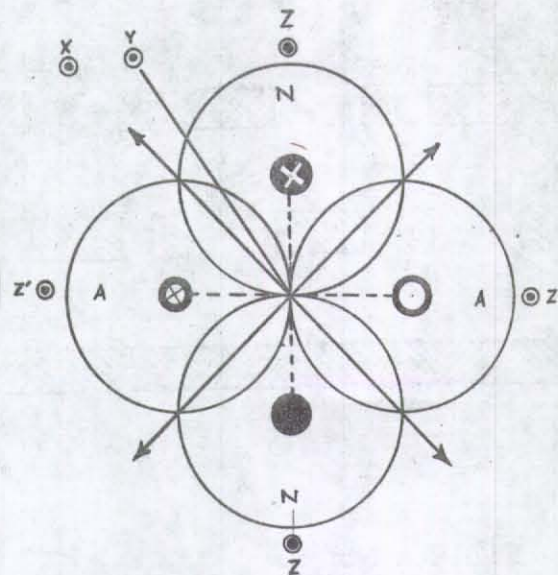


FIGURA No. 52

90° y los haces opuestos no difieren 180°.

El sector donde se escucha letra N, o letra A siempre se llama cuadrante, cualquiera que sea el número de grados que comprenda.

- 2) Haces de Radioguía (On-Course Zone). Estos son los sectores donde las letras cuadrantales N y A se enlazan formando una señal continua llamada señal en ruta.
- 3) Zonas Bifónicas (Bi-Signal Zone). Los dos patrones en forma de ocho se traslapan en un sector, el centro de este sector es la zona de señal en ruta y los sectores adyacentes a cada lado son las zonas bifónicas. En estas zonas se escucha una letra cuadrantal con ruido de fondo y las dos identificaciones, sólo que una con mayor intensidad que la otra. Si la zo-

na bifónica corresponde a cuadrante A, la segunda identificación será la más fuerte, si la zona bifónica corresponde a cuadrante N, la primera identificación será la que se escuche con mayor intensidad. El ancho de la zona bifónica depende de la sensibilidad del receptor y del control de volumen.

Los patrones combinados de la Figura No. 52, indican que en el punto "X" se recibe la señal "en ruta", es decir, donde se logra el enlazamiento de las letras cuadrantales. En la posición "X" la señal de la antena "N" es más fuerte que la de la antena "A" y por tanto el sonido de la N predomina sobre el ruido de fondo de la "A". En la "Z" la señal "N" tiene su valor máximo y no se recibe señal "A". Esta situación existe en ambos cuadrantes "N". Similarmente en los puntos "Z", en cuadrantes "A" sólo se puede recibir señal "A".

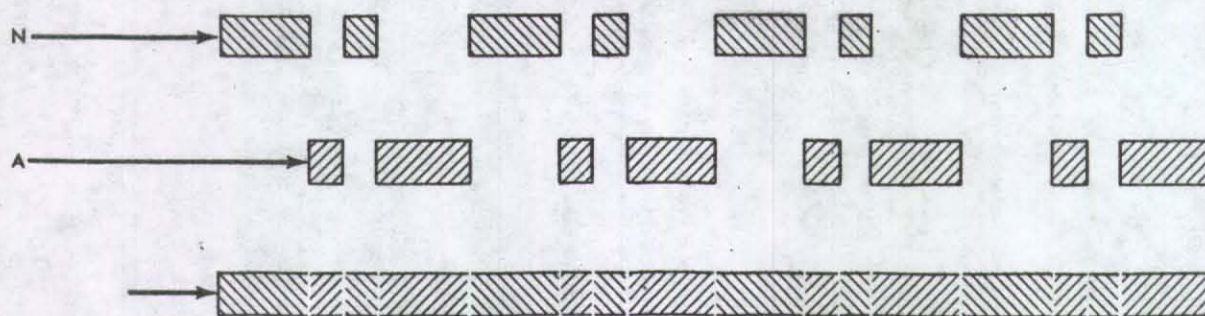


FIGURA No. 53

- 4) Cono de Silencio. - Esta es el área directamente sobre la estación en la cual no se recibe ninguna señal.

RADIOGUIAS ADCOCK DE TRANSMISION SIMULTANEA.

Este sistema se ha generalizado por eliminar algunos de los defectos de los radioguias de antena de cuadro.

Los radioguias Adcock utilizan torres de acero de aproximadamente 125 pies (38 metros) de altura llamados radiadores verticales.

Dos torres colocadas aproximadamente a 800 pies (244 metros), una de otra y alimentadas alternando la corriente 180° fuera de fase, radian un patrón en forma de "8" esencialmente el mismo que proporciona una antena de cuadro. Las líneas del transmisor a las torres son ocultas y están protegidas, esto reduce la radiación de ondas celestes y elimina el efecto nocturno.

Colocando dos pares de las antenas señaladas se logra un patrón similar al

de dos antenas de cuadro.

En el sistema Adcock se coloca una quinta antena en el centro del cuadrado formado por las otras cuatro; esta quinta antena transmite una onda portadora constante que se utiliza para la transmisión de voz.

La torre central emite en forma omnidireccional una onda portadora continua a la frecuencia asignada a la estación. Las antenas exteriores emiten una onda no modulada para formar la señal del patrón siempre usando una frecuencia 1.02 KHz más alta. Por ejemplo, una estación a la que se ha asignado la frecuencia de 250 KHz. emite una señal a través de las antenas exteriores con una frecuencia de 251.02 KHz. Emitiendo las dos frecuencias juntas, se produce una diferencia de 1.02 KHz ó 1020 ciclos por segundo que es el tono modulado que se recibe en los audífonos. Un sistema de filtros evita la interferencia entre la voz y las señales del radioguía cuando se emiten mensajes.

Los cuatro haces de los radioguias -

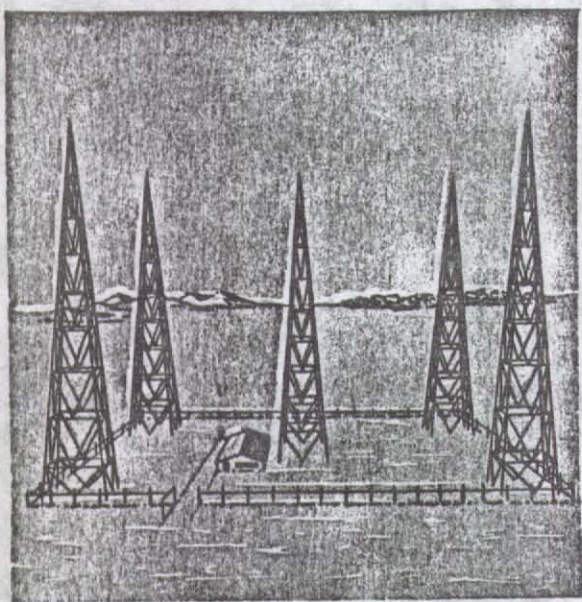


FIGURA No. 54

no siempre forman ángulos de 90° . La variación en la dirección de los haces se logra haciendo que los lóbulos de radiación sean más o menos fuertes según sea necesario.

La norma para asignar nombre a los cuadrantes es la siguiente:

El primer cuadrante "N" es el que contiene al norte verdadero, si uno de los haces contiene al norte verdadero, entonces el primer cuadrante "N" será el del noroeste (NW).

Los haces se numeran en el sentido de las manecillas del reloj a partir del primer cuadrante "N".

La orientación de los haces siempre se da magnética y hacia la estación.

IRREGULARIDADES DE LOS RADIO- GUIAS.

Hay varios tipos de irregularidades en los radioguías que pueden ser originadas por dos causas generales:

- 1) Reflexión de las ondas de radio y
- 2) Defectos mecánicos del transmisor.

La onda de radio puede ser reflejada o absorbida por el terreno, por estructuras metálicas ó por la ionósfera.

Si una onda reflejada llega a un punto donde se recibe también la onda no reflejada, resulta un aumento o disminución en la señal recibida. Este cambio en la intensidad resulta del desfaseamiento de las dos ondas.

Las irregularidades que resultan por la reflexión de la onda terrestre son usualmente de carácter permanente y las características correspondientes a cada radioguía, en particular están reportadas en "NOTAMS" o en "RADIO FACILITY CHARTS" (Cartas de Radio Facilidades).

Las irregularidades causadas por la reflexión de las ondas celestes sólo se presentan en la noche y en los radioguías de antena de cuadro.

Las irregularidades que resultan de un mal funcionamiento mecánico, son usualmente temporales ya que se corrigen lo más pronto posible, sin embargo deben reportarse en "NOTAMS" y en la sección de observaciones de reportes horarios de teletipo.

RADIOFAROS NO DIRECCIONALES.

Los radiofaros no direccionales (NDB) se utilizan para balizar las aerovías como guía de navegación ó bien, se instalan en las vecindades del aeropuerto como ayudas en los procedimientos de aproximación, su patrón de radiación es circular o no direccional, lo cual permite recibir la señal desde cualquier punto

dentro del área de servicio de esta facilidad. Los radiofaros no direccionales se clasifican como sigue; cuando se utilizan para recaladas:

Facilidad "MH" - Potencia menor a 50 watts con alcance aproximado de 25 millas.

Facilidad "H" - Potencia entre 50 y 1999 watts con alcancance aproximado de 50 millas.

Facilidad "HH" - Potencia mayor a 2000 watts con alcancance de 75 o más millas.

Esta radioayuda emite en forma contínua su identificación consistente en dos o tres letras en Código Morse, - sólo la interrumpe durante la transmisión de mensajes.

Facilidad "L" - LOM (Locator, Outer Marker).
LMM (Locator, Middle Marker).

Estos radiofaros de baja potencia se les llama Radiobalizas de Compás (Compass Locators) y siempre están asocia-dos con el Sistema de Aterrizaje por Instrumentos (ILS).

Las facilidades "L" sólo transmiten en forma contínua dos letras de identificación.

A menos que se incluya una "W" - (Without voice) en la designación de la radioayuda (HW), esta emitirá mensajes a voz con excepción de las facilidades "L" aunque a éstas puede adaptárseles transmisión de voz cuando se desea.

Las facilidades "H" se utilizan en combinación con el radiogoniómetro para recalar, en aproximaciones por instrumentos y en patrones de espera.

RADIOGONIOMETRO AUTOMATICO - (ADF).

El radiogoniómetro automático (ADF) es un receptor de radio que en forma automática mide la dirección de donde recibe las ondas electromagnéticas. Consiste esencialmente de lo siguiente: Una antena monofilar llamada antena de sentido, una antena de aro direccional - (Loop), un radio receptor con selector de frecuencias y un indicador de marcaciones.

El receptor se opera a control remoto desde una caja en la posición del piloto. Se selecciona la frecuencia actuando un conmutador de bandas y se sintoniza girando un botón, la sintonía óptima se logra cuando se observa la máxima de-flexión en una aguja de sintonía (Tune); - también se puede observar el volumen máximo de la señal audible cuando se ha logrado sintonizar correctamente.

Cuando se ha puesto el conmutador de control y funciones en la posición - "LOOP", la antena de aro se puede gi-rar eléctricamente actuando el conmuta-dor "L-R" (izquierda-derecha) hasta lograr una posición de "NULO" para la antena de aro.

La dirección relativa de la línea de nulo la muestra contínuamente la aguja del indicador de marcaciones, la cual - está eléctricamente acoplada a la ante-na de aro. Cuando se usa el conmutador de posición (L-R), el radiogoniómetro - no es automático y existe ambigüedad de 180°. Esto es, si la aguja indica una marcación exactamente sobre el ala -

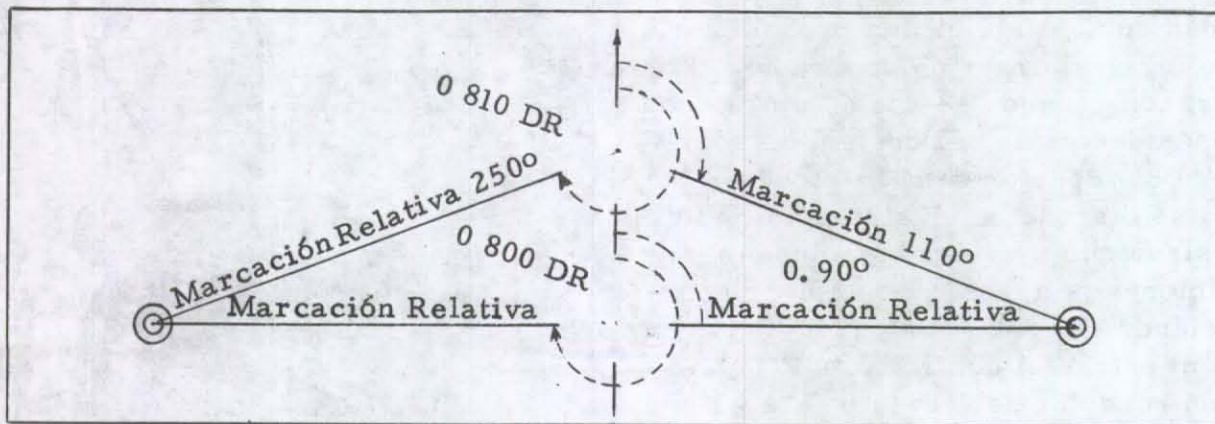


FIGURA No. 55

derecha, hay la posibilidad de que la dirección a la estación sea hacia el ala izquierda. Esta ambigüedad se resuelve fácilmente, a menos que la estación que de directamente atrás o enfrente del avión. Si se mantiene constante el rumbo por algunos minutos y para conservar la posición de nulo de la antena, es necesario moverla a la izquierda, la estación estará a la izquierda; si hay que moverla a la derecha, la estación estará a la derecha.

Moviendo el conmutador de control a la posición "ADF", se conecta a la antena de aro la antena de sentido y se acopla un mecanismo que automáticamente gira la antena de aro hasta una posición única de "NULO", anulando la ambigüedad de 180°; por tanto, en estas condiciones la aguja del indicador de marcaciones señalará hacia la estación sintonizada. También con esta posición (ADF), queda conectado un control automático de volumen (AVC); consecuentemente, no debe usarse la posición "ADF" para orientarse en forma audible con las radioguías.

RECEPCION INVERSA.

Cuando se sintoniza un radioguía, algunas veces puede ocurrir que se escuchen letras "A" en cuadrante "N", o letras "N" en cuadrante "A", esto se puede deber a:

- 1) Cuando se pone el conmutador de control en la posición "ADF", queda conectado el control automático de volumen (AVC) y puede suceder que el receptor quede ligeramente desintonizado con el botón de volumen (Audio) en su posición extrema.
- 2) Cuando la señal se recibe a través de una antena asimétrica en una aeronave de grandes dimensiones.

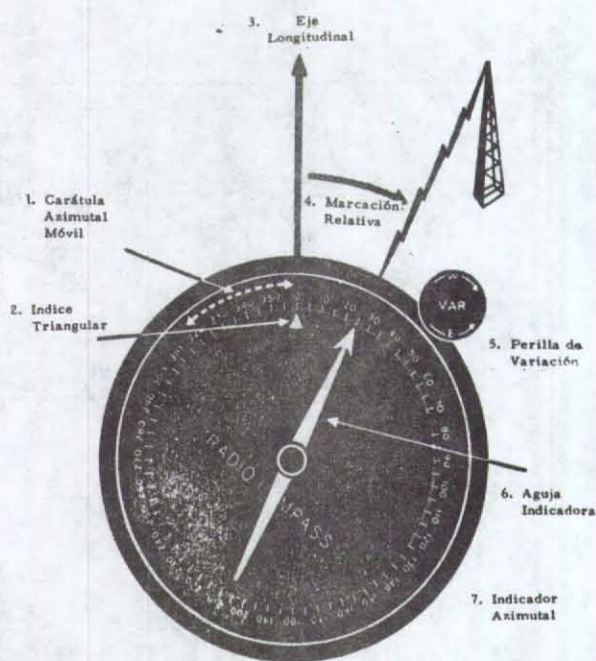
La primera condición señalada arriba, se debe a la naturaleza de cualquier sistema de control de volumen automático. El propósito del control automático de volumen (AVC) es reforzar una señal débil y debilitar una señal fuerte, de tal manera que la señal que se reciba tenga un volumen constante. Si en una zona

bifónica el "AVC" actúa reduciendo la señal fuerte a un valor menor que la señal más débil, esta última predominará dando lugar el error de cuadrante. Por esta razón, cuando se vuela bajo las condiciones descritas, el control de volumen en el receptor debe mantenerse bajo. Si se dispone de un sistema de interfono sirviendo a varias estaciones, las condiciones peligrosas no se corrigen reduciendo el volumen a una estación remota mientras el control "audio" en el mismo receptor esté puesto para el máximo volumen.

Si el conmutador de funciones se pone en la posición de "ANT", se recibirán las señales a través de la antena no direccional y entonces el receptor funcionará como cualquier receptor ordinario sin propiedades direccionales.

COMPONENTES.

Las dos componentes del radiogoniómetro que realmente interesan al piloto



INDICADOR DE MARCACIONES

FIGURA No. 56

son, la caja de control y el indicador de marcaciones.

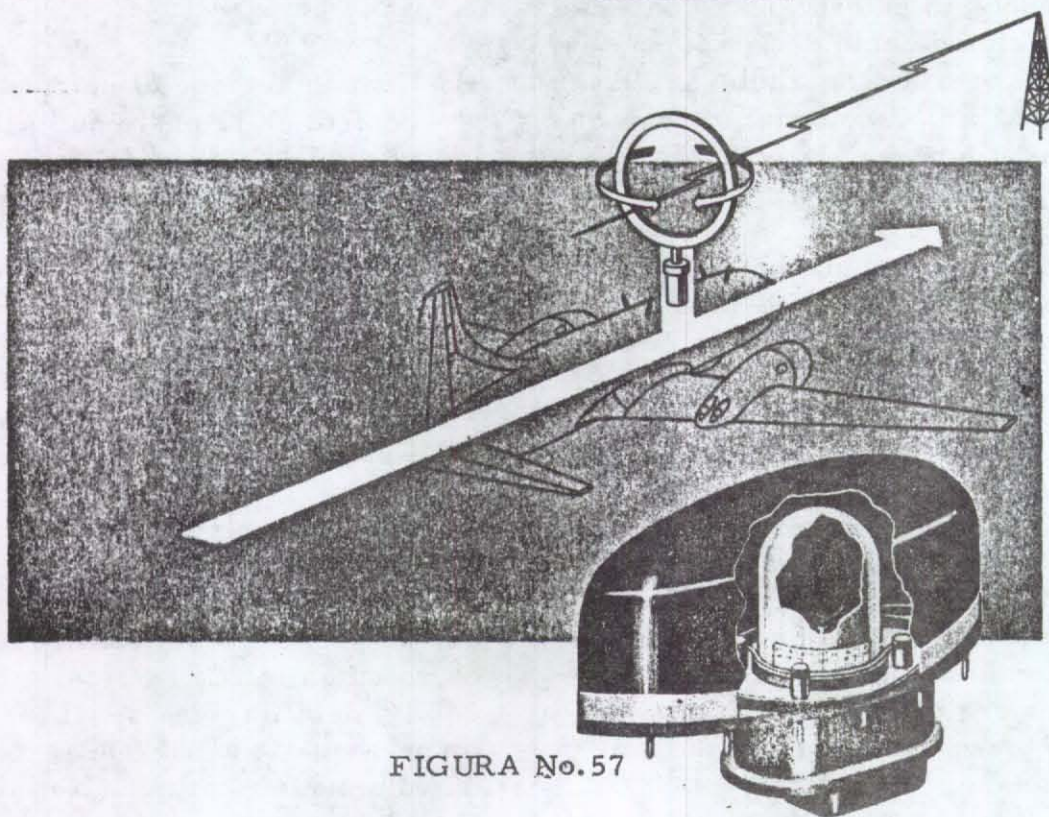


FIGURA No.57

La caja de control cambia con los diferentes modelos pero esencialmente tiene un selector de bandas de frecuencia y un selector de modos de operación.

El indicador de marcaciones es una carátula graduada de 000° a 360° , una ó dos agujas o flechas y un índice que corresponde a la nariz del avión. La carátula graduada puede ser fija, en cuyo caso la línea N-S representa el eje longitudinal del avión, también puede ser móvil a voluntad por medio de un botón y así se podrá poner cualquier valor de 000° a 360° frente al índice que corresponde a la nariz del avión; en otros modelos la carátula está esclavizada al sistema de brújulas magnéticas y en este caso frente al índice que representa la nariz del avión se leerá el rumbo magnético; cuando el instrumento tiene esta característica, se le llama indicador radiomagnético (RMI).

Cuando el radiogoniómetro se opera en posición de automático ("ADF" ó "COMP", en el selector de modos), la aguja apunta en forma automática hacia la estación sintonizada pudiendo leerse la marcación. Si la carátula es de tipo fijo, ó si se ajusta 000° frente al índice, frente a la aguja se leerá Marcación Relativa; si se ajusta frente al índice el rumbo magnético, la marcación será magnética. Si se trata de carátula esclavizada al sistema de brújulas, siempre frente al índice se tiene rumbo magnético y frente a la aguja la marcación magnética.

Las figuras a continuación muestran algunos modelos de radiogoniómetros automáticos (ADF).

MARCACIONES DE RADIO.

Las marcaciones de radio son direc

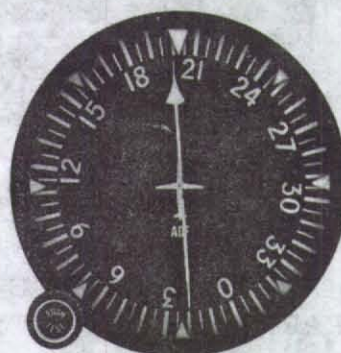


FIGURA No. 58

RADIOGONIOMETRO AUTOMATICO (ADF) CON SELECTOR DE FRECUENCIAS DE 200 A 1799 KHZ.

INDICADOR DE MARCACIONES CON UNA SOLA AGUJA Y CARATULA ESCLAVIZADA AL SISTEMA DE BRUJULAS.

ciones medidas en el sentido de giro de las manecillas del reloj a partir de una línea de referencia. Las marcaciones de radio, también llamadas marcaciones radiogoniométricas pueden considerarse como las líneas de dirección que van de una aeronave a una estación de radio, o desde la estación de radio a la aeronave.

En radionavegación todas las marcaciones son magnéticas; es decir, tienen como línea de referencia el meridiano magnético que pasa por el avión, a menos que se señale lo contrario.

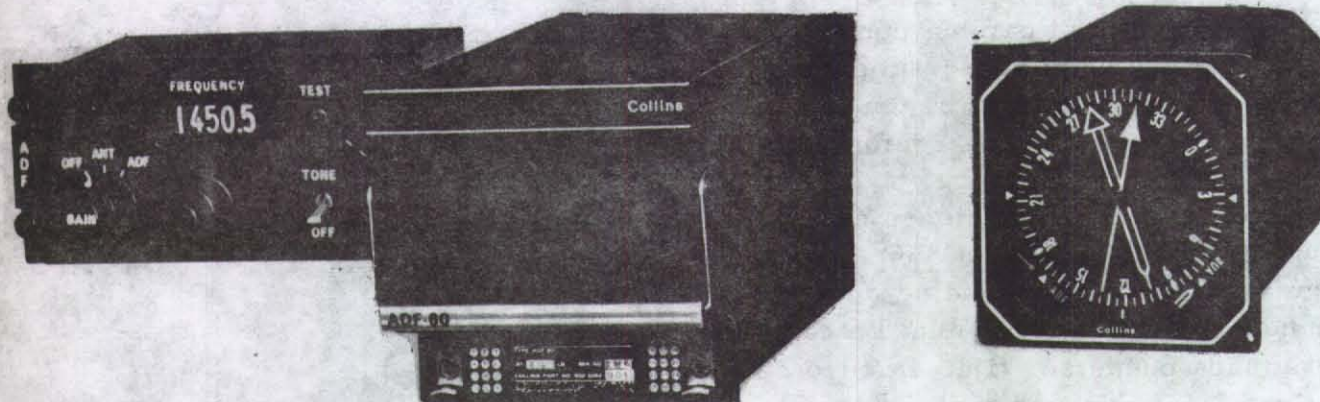


FIGURA No. 59

CAJA DE CONTROL CON SELECTOR DE FRECUENCIAS DE 190 A 1749.5 KHz Y SE-
LECTOR DE MODOS PARA APAGADO "OFF", ANTENA "ANT" Y AUTOMATICO "ADF"

RECEPTOR

INDICADOR DE MARCACIONES ESCLAVIZADO A BRUJULAS (RMI) CON DOS AGU-
JAS PARA "VOR" Y PARA "ADF"

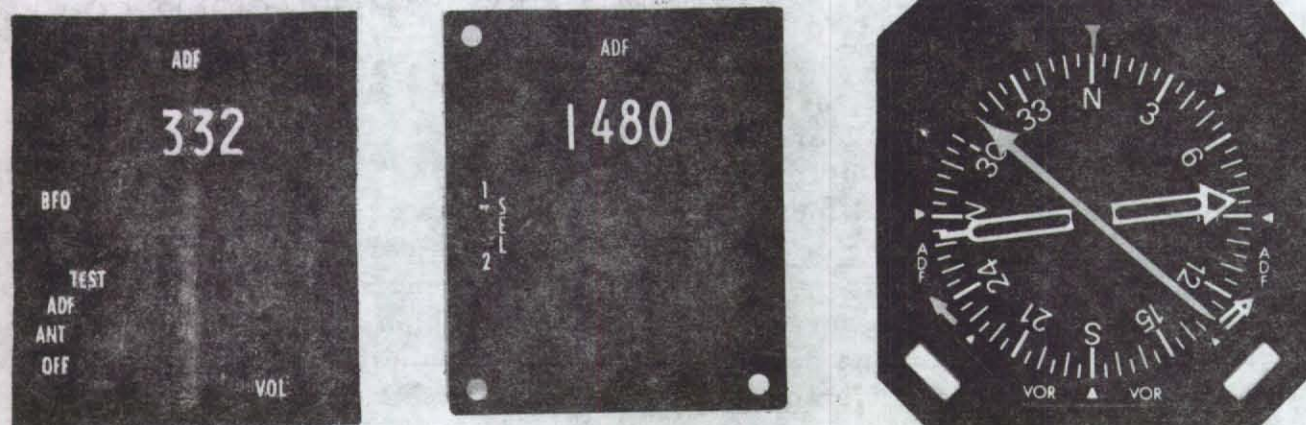


FIGURA No. 60

SELECTOR DE FRECUENCIAS Y DE MODO.

SELECTOR OPCIONAL PARA PRESELECCIONAR UNA SEGUNDA FRECUENCIA PU-
DIENDO HACERSE UNA TRANSFERENCIA INSTANTANEA.

INDICADOR DE MARCACIONES CON CARATULA ESCLAVIZADA AL SISTEMA DE -
BRUJULAS (RMI), EN ESTE INSTRUMENTO SE PUEDE SELECCIONAR "VOR" O -
"ADF", SEGUN SE SINTONICE ESTACIONES "VOR" O "L/MF".

ANTENA DE SENTIDO

ANTENA DIRECCIONAL

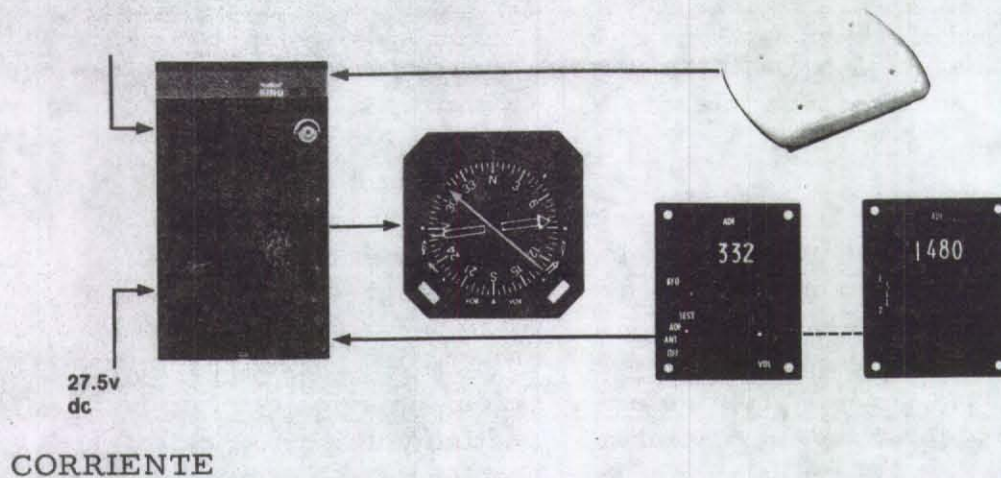


FIGURA No. 61

UN RADIOGONIOMETRO AUTOMATICO (ADF) CON SUS SISTEMAS DE ANTENAS, - RECEPTOR, SELECTORES DE FRECUENCIAS Y MODO E INDICADOR DE MARCACIONES.

EN LOS SELECTORES DE FRECUENCIAS PUEDEN SELECCIONARSE SIMULTANEA MENTE DOS ESTACIONES, EL SELECTOR TIENE UNA POSICION DE APAGADO O FUERA (OFF) UNA POSICION DE ANTENA "ANT" EN LA QUE FUNCIONARIA CO-- MO UN RECEPTOR ORDINARIO, UNA POSICION DE RADIO GONIOMETRO AUTO-- MATICO (ADF), EN ESTA POSICION LAS AGUJAS APUNTARAN HACIA LAS ESTA-- CIONES SINTONIZADAS DANDO MARCACIONES MAGNETICAS. FINALMENTE TIE NE UNA POSICION DE PRUEBA "TEST".

Las marcaciones radiomagné-- ticas son direcciones medidas en el sentido de giro de las ma-- necillas del reloj a partir del - meridiano _____

Magné-- tico

Las marcaciones se miden en el sentido de giro de las ma-- necillas del reloj a partir del _____

Meridia-- no Mag-- nético

Una línea de marcación radio goniométrica puede conside-- rarse como aquella que une al avión con la _____

Estación

Una marcación también puede ser de una estación de radio - en tierra al _____

Avión

Las marcaciones radiogonio-- métricas se hacen a partir - del meridiano magnético que pasa por el avión y en el sentido de giro de _____

Las Ma-- necillas-- del Reloj

INDICADOR DE MARCACIONES DEL - RADIOGONIOMETRO (ADF).

Para que el piloto pueda utilizar eficientemente su radiogoniómetro, es necesario que esté familiarizado con la carátula y las indicaciones de la aguja. La combinación de las lecturas hechas en la carátula del radiogoniómetro y en la brújula magnética informará al piloto en qué dirección de la estación se encuentra su avión.

En la Figura No. 62, se muestra la

lectura de la brújula magnética directamente arriba de la carátula del radiogoniómetro; la aguja indicadora del radiogoniómetro señala hacia la estación sin tonizada. Esta figura se debe interpretar de la siguiente manera:

El rumbo magnético señalado por la brújula es "N" (360°); el índice de la carátula SIEMPRE corresponde a la nariz del avión y al coincidir el "0" con él se establece que la línea de referencia para las marcaciones será el propio eje longitudinal del avión y las marcaciones obtenidas serán RELATIVAS; la aguja indicadora que señala hacia la estación apunta el número 6 (060°); entonces la marcación relativa será de 060° .

Tomando el ejemplo de la Figura No. 62, se ha cambiado solamente un dato respecto a la Figura No. 63. Ahora el rumbo del avión es 100° . Como antes, la marcación relativa es de 060° , medida a partir del índice que corresponde a la

nariz del avión. Para convertir esta marcación relativa a marcación magnética hacia la estación, solamente es necesario sumarle el rumbo magnético del avión y así la marcación magnética en el caso de la Figura No. 63 será 160° . Por lo tanto, vemos que el avión está en rumbo magnético de 100° con una marcación relativa de 060° y una marcación magnética de 160° (QDM).

La Figura No. 64 ilustra otra situación, un avión con rumbo al norte magnético y una marcación relativa a una estación de 240° . Como el rumbo magnético es 000° , la marcación magnética también será de 240° .

Si el avión tuviera el rumbo 100° , entonces la marcación magnética resultaría de 340° .

Siempre que frente al índice se tenga el "0", se leerán marcaciones relativas.

Eje Longitudinal Rumbo Magnético
del Avión

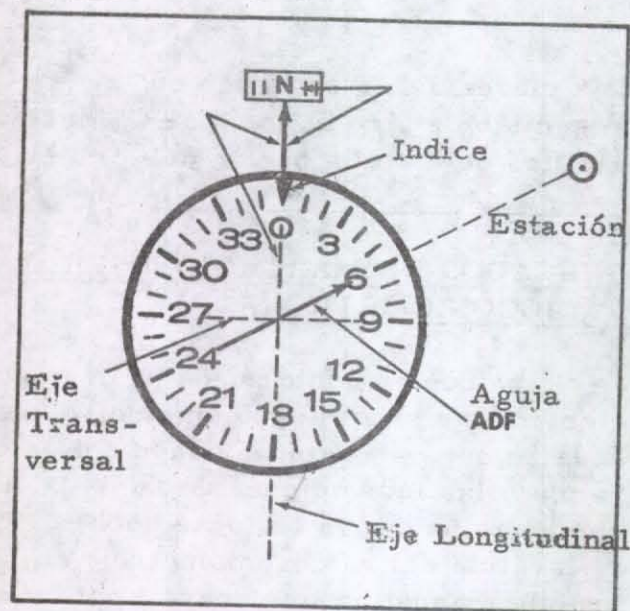


FIGURA No. 62

Eje Longitudinal Rumbo Magnético

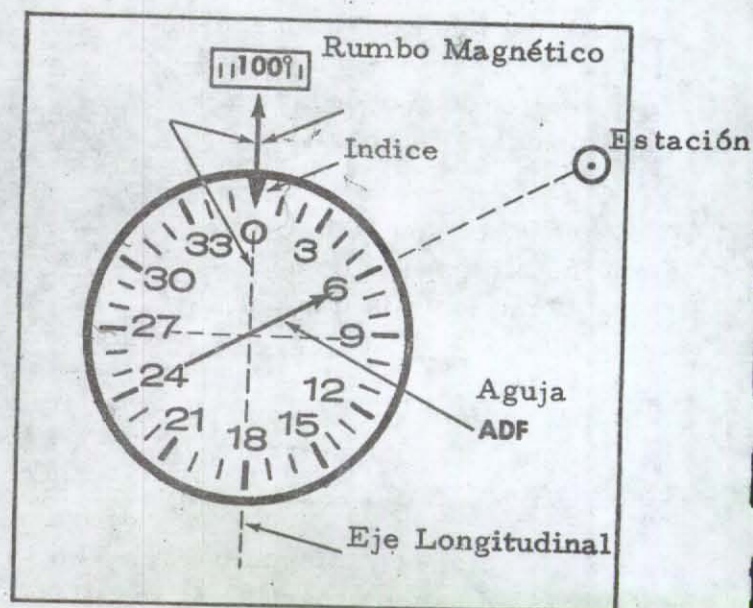


FIGURA No. 63

"Para obtener una marcación magnética hacia la estación (QDM), se suma la marcación relativa y el rumbo magnético del avión

$$MR + RM = QDM$$

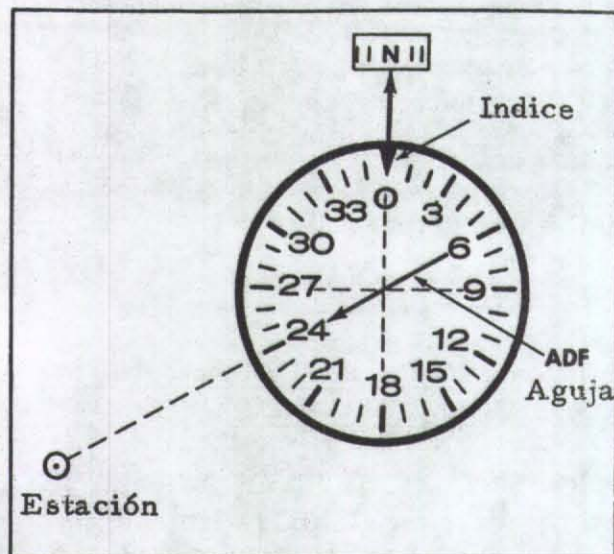


FIGURA No. 64

La aguja de la carátula del radiogoniómetro apunta hacia la sintoniza Estación da.

Para orientarse convenientemente, es necesario visualizar la localización de la estación de radio con respecto a la posición del Avión

Cuando frente al índice se tiene "0", la línea "0-18" de la carátula es paralela al eje del avión. Longitudinal

En el caso anterior, el "0" de la carátula corresponde a la del avión. Naríz

Se obtiene marcación relativa cuando frente al índice se tiene . "0"

Sin importar el rumbo del avión, la marcación relativa se lee frente a la aguja de la carátula cuando el "0" está Frente al Índice

En el caso anterior, si la aguja apunta 5, la marcación relativa será de .

050°

Si la aguja del radiogoniómetro apunta hacia 21, la marcación relativa medida desde la naríz del avión es de

210°

Una marcación relativa puede convertirse en marcación magnética, sumando a la marcación relativa el rumbo magnético del avión.

$$Mr + Rm = \underline{\hspace{2cm}}$$

M_m
(QDM)

Marcación relativa más Rumbo Magnético es igual a Marcación Magnética. Si la marcación relativa a la estación-sintonizada (leída en la carátula del radiogoniómetro), es 070° y el rumbo magnético es 030°, la marcación magnética a la misma estación será grados.

100

El rumbo magnético de un avión es 110°, la marcación relativa a una estación es de

030°, la marcación magnética del avión a la estación es _____ grados.

Rumbo magnético 270°; marcación relativa 040°; marcación magnética: _____

140°

310°

RECALADA CON EL RADIOGONIOMETRO AUTOMATICO (ADF).

Recalar, es simplemente volar hacia una estación sintonizada describiendo una trayectoria previamente fijada - (Course).

En la Figura No. 65, se ilustra una recalada sin viento en la cual para llegar a la estación se mantiene la aguja en marcación relativa "0" y la trayectoria 360° se logra con el rumbo 360°. Si el avión derivara y se saliera de la trayectoria hacia la derecha, la aguja se -

movería hacia la izquierda.

Ahora visualicemos la situación con un viento del Este y supongamos que la corrección de deriva es de 15° derecha para mantenernos dentro de la trayectoria 360° hacia la estación (Figura No. 66), se ve en la figura que ahora la aguja sigue alineada con la trayectoria a la estación, pero indica una marcación relativa de 345° puesto que el rumbo del avión es ahora 015° para compensar la deriva. El eje longitudinal del avión forma un ángulo de 15° con la trayectoria.

Si el piloto deseara alejarse de la estación por la trayectoria 350° desde la estación las indicaciones del radiogoniómetro serían las mostradas en la Figura No. 67. Aquí se está volando con viento de la izquierda y una corrección de deriva de 15° izquierda para seguir la trayectoria 350°, siendo por tanto el

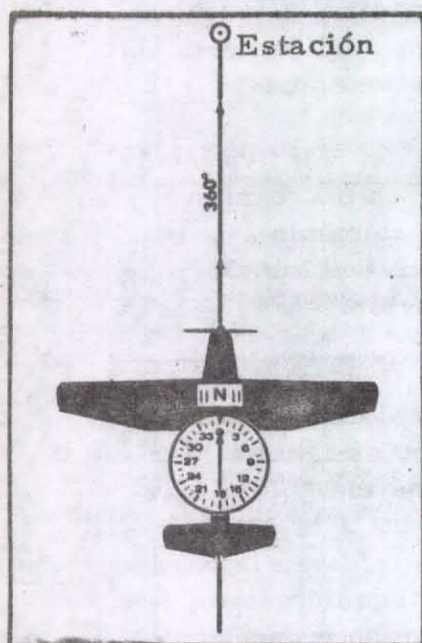


FIGURA No. 65

Hacia la estación

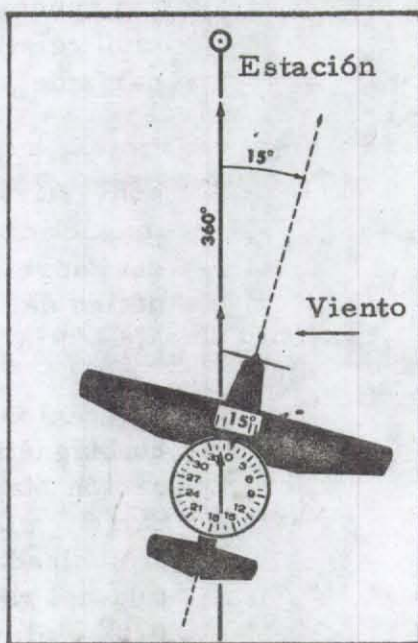


FIGURA No. 66

Hacia la Estación con Corrección por Viento

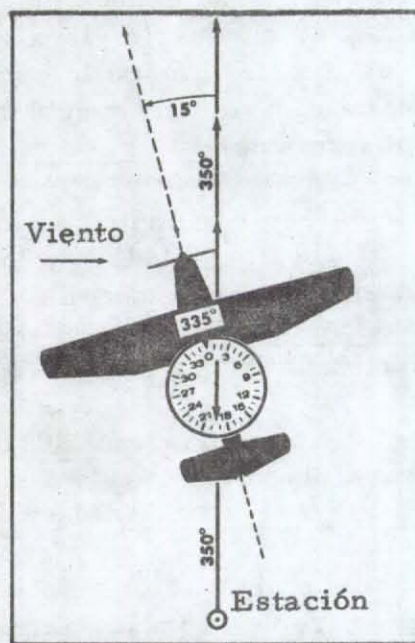


FIGURA No. 67

Alejándose de la Estación con Corrección por Viento

EL DIAGRAMA MUESTRA EL EFECTO DEL VIENTO EN LA TRAYECTORIA Y EL RUMBO DE UN AVION VOLANDO HACIA UNA ESTACION

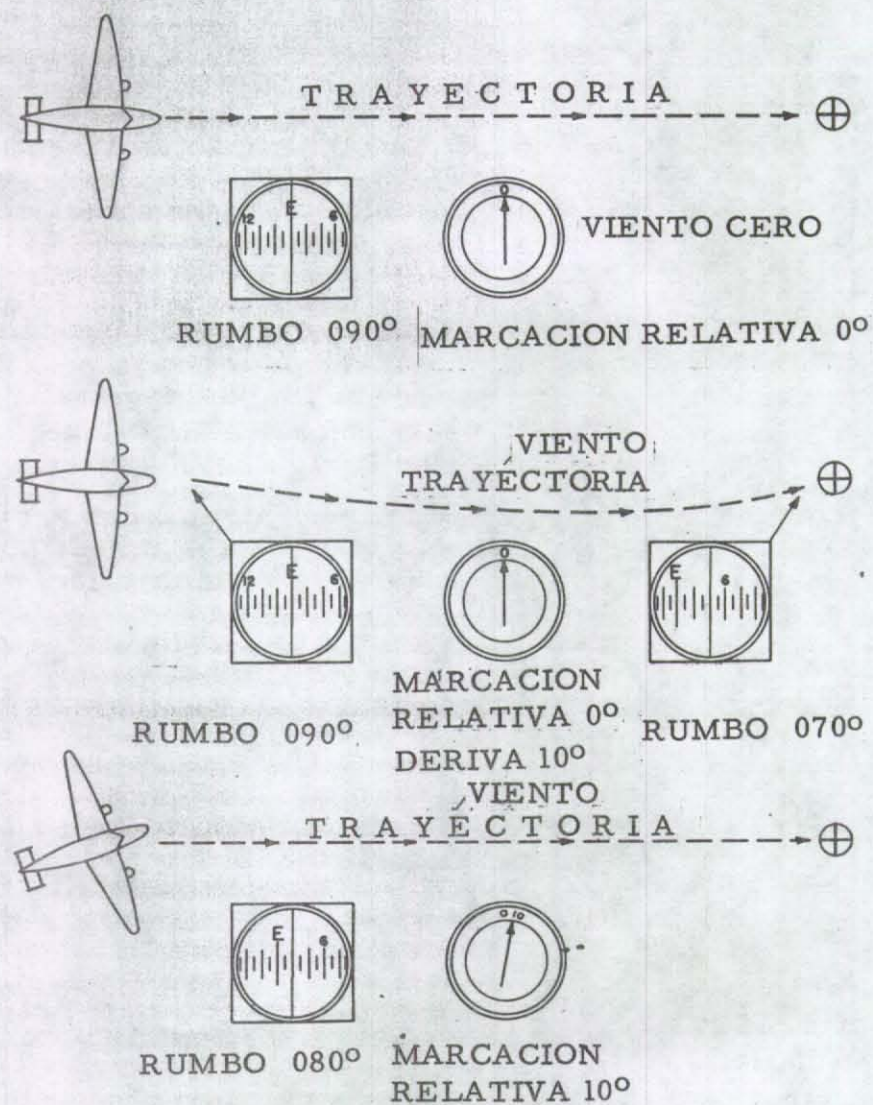


FIGURA No. 68

rumbo 335° y la marcación relativa de - 195°. El eje longitudinal del avión forma un ángulo de 15° con la trayectoria.

La Marcación Magnética hacia la es tación, sería en este caso:

Rumbo Magnético 335° + Marcación Relativa 195° = (530° - 360°) = 170°, o sea el valor recíproco de 350°.

Para una recalada sin viento es necesario volar mantenien do la aguja del radiogoniómetro en _____.

Las recaladas correctas siempre se hacen describiendo una trayectoria recta hacia la estación, lo que se logra mante niendo constante la marcación _____ hacia la estación.

Si la trayectoria intentada (course) a una estación es - 360° y hay un viento de la derecha que requiere una corrección de 10°, el rumbo del avión debe ser _____.

Sobre la trayectoria deseada - 360° y con un rumbo de 010°, la aguja del radiogoniómetro debe indicar _____.

Tratando de mantener la trayectoria a la estación de 360°, con una corrección de deriva de 10° derecha, un rumbo de 010° y una marcación relativa de 350°. Si la corrección de deriva es mayor que la necesaria, la aguja del radiogoniómetro se irá hacia ("0" ó 340) _____.

Si 10° es una corrección insu-

ficiente para el viento existente, la aguja del radiogoniómetro se moverá hacia ("0" ó 340) _____.

Después de hecha la corrección por viento, si la aguja del radiogoniómetro se mueve hacia "0", la cantidad de corrección debe ser _____.

Si la trayectoria deseada a una estación es de 360° y la corrección de 10° derecha no ha sido suficiente para el viento existente, y ha sido necesario agregar 5° más, el rumbo del avión será de _____.

Manteniendo la trayectoria - 360° con el avión al rumbo - 015°, la aguja del radiogoniómetro indicará _____.

Alejándose de la estación con un rumbo de 010° y la aguja del radiogoniómetro apuntando hacia 170, la marcación relativa será _____.

Con el rumbo magnético 010° y la marcación relativa de - 170°, la marcación magnética será de _____.

Alejándose de la estación con un rumbo magnético de 340° y con una marcación relativa de 200°, la marcación magnética será de _____.

Rumbo magnético 345°, Marcación Relativa 185, marcación magnética _____.

INTERPRETACION DEL INDICADOR DE MARCACIONES DEL RADIOGONIOMETRO AUTOMATICO (ADF).

"0"

Aumen
tada

015°

345°

170°

180°

180°

170°

0

Magné
tica

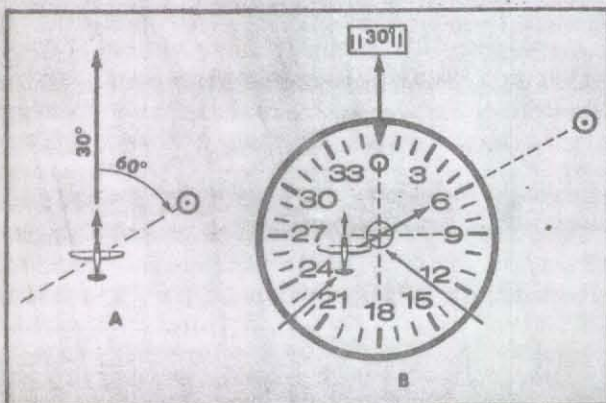
010°

350°

340

Recordando los conceptos establecidos podemos explicar detalladamente la forma en que puede orientarse el piloto con respecto a una estación sintonizada con su radiogoniómetro automático, también conocido como ADF (Automatic Direction Finder), o como Radiocompás. - Veamos la Figura No. 69, en la parte "A" de la izquierda, puede verse un avión al rumbo magnético 030° , que ha sintonizado una estación hacia la cual su marcación relativa es de 060° ; es decir el ángulo formado entre el eje longitudinal del avión y la línea imaginaria que une al avión con la estación sintonizada, es de 60° ; como el avión está aproado a los 30° , la marcación magnética desde el avión hacia la estación será de 90° lo que puede interpretarse también, como que el avión está en marcación magnética 270° (recíproco de 090°) DESDE la estación.

Veamos ahora la carátula del radiogoniómetro ilustrada en la parte "B" de la misma figura. En ella se ve la aguja indicando la marcación relativa 060° - puesto que el cero coincide con la nariz del avión que apunta hacia el rumbo mag



Posición del Avión respecto a la Estación Sintonizada

FIGURA No. 69

Posición del Avión Respecto a la Estación Sintonizada

nético 030° . Si sobreponemos el diagrama "A" a la carátula, podemos suponer al avión con su eje longitudinal paralelo a la línea "0-18" y en la cola de la aguja indicadora y a la estación en el centro de la carátula; en esta forma puede visualizarse las posiciones relativas de estación y avión.

En las Figuras No. 70 y 71, se ilustran otros ejemplos del mismo tipo.

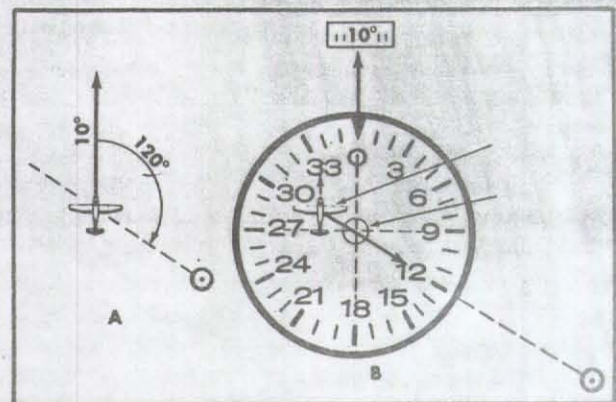


FIGURA No. 70

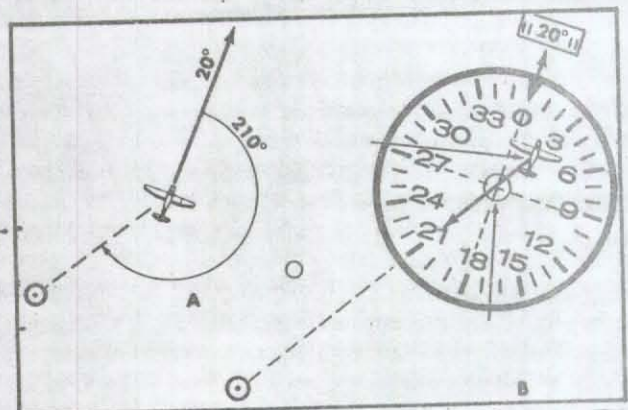


FIGURA No. 71

La Figura No. 70 muestra un avión al rumbo magnético 010° y a una estación en marcación relativa 120° ; por

tanto la marcación magnética DESDE el avión será igual a 130° y su recíproco, -310° , será la marcación magnética de la estación HACIA el avión.

En la Figura No. 71, podemos localizar al avión con relación a la estación empleando un método directo. En lugar de usar el extremo de la aguja indicadora podemos usar la cola de la misma y leer frente a ella el valor del recíproco de la marcación relativa, en este caso -030° , si a este valor sumamos el rumbo magnético 020° , encontramos la marcación magnética 050° de la estación HACIA el avión.

Use usted el mismo procedimiento para localizar los aviones de las Figuras No. 69 y 70.

La marcación magnética desde un avión a una estación es igual a la suma del rumbo magnético del avión, más la marcación relativa leída en la carátula del radiogoniómetro. La marcación magnética del avión desde la estación, es el valor _____ de la marcación hecha desde el avión.

La marcación magnética a una estación es de 180° , la marcación magnética desde la estación será _____.

El rumbo magnético de un avión es de 020° , la marcación relativa a una estación es 185° , la marcación magnética a la estación es _____.

Si la marcación magnética a la estación es de 205° , el avión está en marcación mag-

nética _____ de la estación. 025°

El rumbo magnético es de -350° , la aguja indicadora apunta hacia 160° , la marcación magnética es _____. 150°

Con una marcación magnética de 150° a la estación, el avión se encuentra en la marcación magnética _____ desde la estación. 330°

INDICADORES DE LA AGUJA CON DERIVA.

En la posición "A" de la Figura No. 72, el avión se encuentra aproado a la estación con rumbo magnético 310° y sobre la trayectoria deseada, representada en este caso por la marcación magnética desde el avión. La marcación relativa en este caso es de 000° . Sin hacer ninguna corrección, el efecto del viento de la izquierda se manifiesta haciendo que el avión derive hacia la derecha y llegue a la posición "B"; durante el desplazamiento del avión de "A" a "B", la aguja del radiogoniómetro manifestará un movimiento hacia la izquierda, precisamente hacia la dirección de donde proviene el viento. Si el viento fuera de la derecha, el avión se desplazaría de "A" hacia la izquierda y la aguja se movería hacia la derecha. Por tanto se ve que después de ocurrir una deriva el rumbo del avión se debe corregir hacia donde apunta la aguja para regresar a la trayectoria deseada.

Resumiendo: Para corregir la deriva por viento durante la recalcada se procede de la siguiente manera:

- Si la aguja de la carátula del radiogoniómetro se mueve hacia la derecha, el rumbo debe corregirse

Recíproco

360°

050°

hacia la derecha.

- b) Si la aguja se mueve hacia la izquierda, el rumbo se corrige hacia la izquierda.

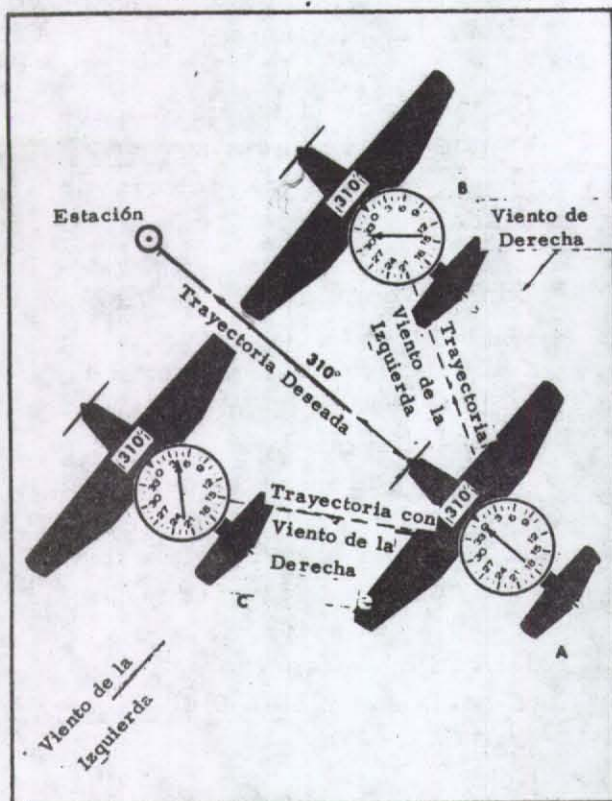


FIGURA No. 72

NOTA: La cantidad de corrección de deriva necesaria para conservar la trayectoria durante la recalada, se hace por tanteos.

Alejándose de la estación se presenta una situación similar, como se ilustra en la Figura No. 73.

En la posición "A" la aguja está alineada con el eje longitudinal del avión, pero a diferencia del caso anterior, la lectura de la aguja (marcación relativa), es ahora de 180°.

Con un viento de la izquierda, el avión deriva hacia la posición "B" y la aguja se mueve hacia el lado izquierdo de la carátula y de acuerdo con lo señalado, la corrección de rumbo se debe ha

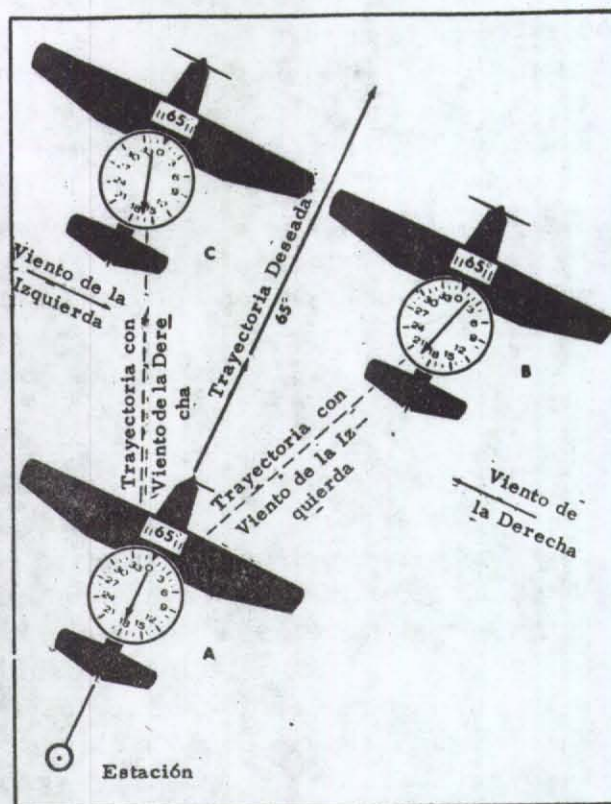


FIGURA No. 73

cer hacia la izquierda. (La única diferencia es que en el caso de la Figura No. 72, la aguja se movió hacia el lado izquierdo en sentido contrario al movimiento de las manecillas del reloj, mientras que en el caso de la Figura No. 73, con la estación atrás, la aguja también se ha movido hacia el lado izquierdo pero siguiendo el sentido del movimiento de las manecillas del reloj.

Con un viento de la derecha el avión derivará hacia la izquierda y la aguja apuntará hacia el lado derecho,

teniendo que hacerse la corrección de rumbo hacia la derecha.

RECALADA SIN CORRECCION DE DERIVA.

El resultado de recalcar a una estación sin hacer corrección de deriva se ilustra en la Figura No. 74. En la posición "A" el piloto ha establecido un rumbo de recalada buscando la marcación relativa 000°; el rumbo es 340°. La dirección del viento se señala en la figura con la flecha negra. Como el avión deriva hacia la izquierda, el piloto trata de mantener la marcación relativa en 000° y para ello es necesario cambiar el rumbo como se ve en las posiciones "B" y "C".

Durante el vuelo hacia la estación cambiando el rumbo constantemente para mantener la marcación relativa en 000°, se describe una trayectoria curva como la que se ve en la figura. Se hace una recalada sin corrección de deriva, lo que da por resultado que se aparte de su verdadera trayectoria, haciendo un recorrido más largo que el necesario y algunas veces muy peligroso, cuando se

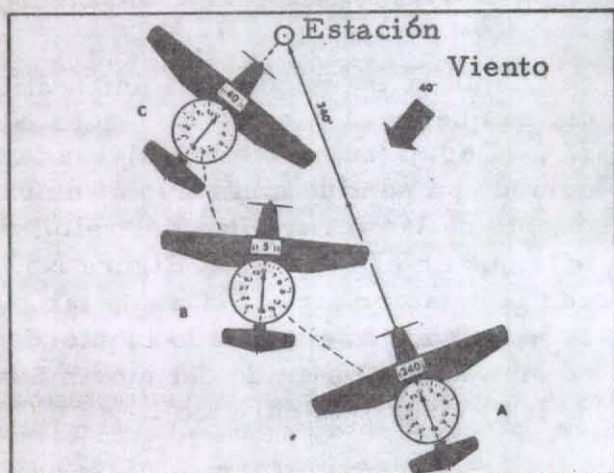


FIGURA No. 74

vuela sobre terreno montañoso a baja altura.

La trayectoria de esta curva depende de la dirección e intensidad del viento y de la velocidad de la aeronave, aproximándose más a la recta mientras mayor sea la velocidad del avión con relación a la del viento.

Un viento de la izquierda causa una deriva hacia la _____ de la trayectoria de _____ Derecha seada.

Con una componente de viento cruzado de la izquierda, el avión deriva hacia la derecha de la trayectoria intentada y la estación queda a la _____ de la nariz del avión. Izquier da

Si la deriva hace que la estación quede a la izquierda de la nariz del avión, la aguja del radiogoniómetro se moverá hacia los (350 ó 010) _____ grados. 350

Alejándose de la estación, si el avión ha derivado hacia la derecha y la aguja apuntando a la izquierda, se debe virar a la _____ para regresar a la trayectoria intentada. Izquier da

Si el avión está a la izquierda de la trayectoria intentada, la aguja del radiogoniómetro se mueve hacia la _____ Derecha

Si la aguja del radiogoniómetro se mueve hacia la izquierda del "0" o del 180, el viraje debe hacerse hacia la _____ Izquier da

Si la aguja del radiogoniómetro se mueve hacia la derecha del "0" o del 180, el viraje debe hacerse hacia la _____ Derecha

Si el avión deriva hacia la izquierda de la trayectoria deseada, la componente de viento cruzado es de la _____ Derecha

Si el avión deriva hacia la derecha de la trayectoria deseada, la componente de viento cruzado es de la _____ Izquierda

Si el avión deriva hacia la derecha de la trayectoria deseada, la aguja del radiogoniómetro se mueve hacia la _____ Izquierda

Si el avión deriva hacia la izquierda de la trayectoria deseada, la aguja del radiogoniómetro se mueve hacia la _____ Derecha

Si la aguja del radiogoniómetro se mueve hacia la izquierda, el viraje para corregir se hace a la _____ Izquierda

Si la aguja del radiogoniómetro se mueve hacia la derecha, el viraje para corregir se hace a la _____ Derecha

RECALADA CON VIENTO.

La recalada con viento consiste en llegar a la estación siguiendo una trayectoria prevista, es decir, volar a un rumbo para conservar la trayectoria. Durante la recalada con viento el rumbo del avión leído en la brújula magnética, o en el girodireccional, es diferente a la trayectoria magnética deseada y cuyo valor corresponde a la marcación mag-

nética del avión hacia la estación (QDM). El problema consiste en encontrar y mantener un rumbo que mantenga al avión sobre la trayectoria deseada.

Volando hacia la estación se vira hasta que la aguja del radiogoniómetro esté en "0" grados (marcación relativa-000°). Cuando el piloto mantiene el rumbo constante, la presencia de un viento cruzado se manifiesta claramente por el movimiento de la aguja hacia la izquierda o hacia la derecha. Cuando se nota un cambio de marcación entre 4° y 7°, se hace un viraje de corrección hacia el lado que indique la aguja, para regresar a la trayectoria deseada; el viraje de corrección deberá de ser por lo menos de 30 grados para poder regresar a la trayectoria deseada; y si no se registra una corrección, se podrán tomar 45 grados, como segunda intención.

La magnitud del viraje para interceptar depende de la distancia a la estación, del viento existente y de que tan rápidamente se desea regresar a la trayectoria.

Un fuerte viento cruzado puede ocasionar cambios muy rápidos en la marcación relativa cuando se está a 50 millas de la estación, pero un viento de la mitad de intensidad ocasiona la misma velocidad de cambio en la marcación cuando se está a sólo 25 millas de la estación.

El efecto del viento se manifiesta menos cuanto mayor es la velocidad del avión, un avión volando a mayor velocidad recorrerá en menos tiempo una distancia dada y por tanto estará menos tiempo expuesto al viento.

Para una recalada con viento, originalmente se toma un rumbo igual a la _____ deseada.

Trayectoria

Cuando se mantiene el rumbo y la aguja se mueve hacia la izquierda o la derecha de "0", esto indica que hay viento -

Cruzado

Para regresar a la trayectoria deseada se debe hacer un viraje hacia donde lo indica la _____ del radiogoniómetro.

Aguja

El viraje para regresar a la trayectoria deseada debe ser de _____

30° ó
Mayor

El ángulo de intercepción depende de la _____ a la estación y de la intensidad del viento.

Distancia

La Figura No. 75, muestra una recalcada con viento.

Posición 1, muestra el avión a rumbo 360° y la aguja del radiogoniómetro en "0", (Marcación relativa 000°).

Posición 2, el rumbo sigue siendo 360° pero la marcación relativa es 350°, o sea que la aguja se ha movido 10° a la izquierda indicando un viento de la izquierda.

Posición 3, muestra el rumbo corregido a la izquierda, la aguja se ha movido a la derecha. En este caso la corrección de rumbo ha sido de 40° para regresar a la trayectoria deseada. El nuevo rumbo es 320° y la nueva marcación relativa 030°.

Continúa al mismo rumbo hasta que la marcación relativa sea de 040°. En ese momento se habrá interceptado la trayectoria deseada.

Posición 4, se ve al avión volando -

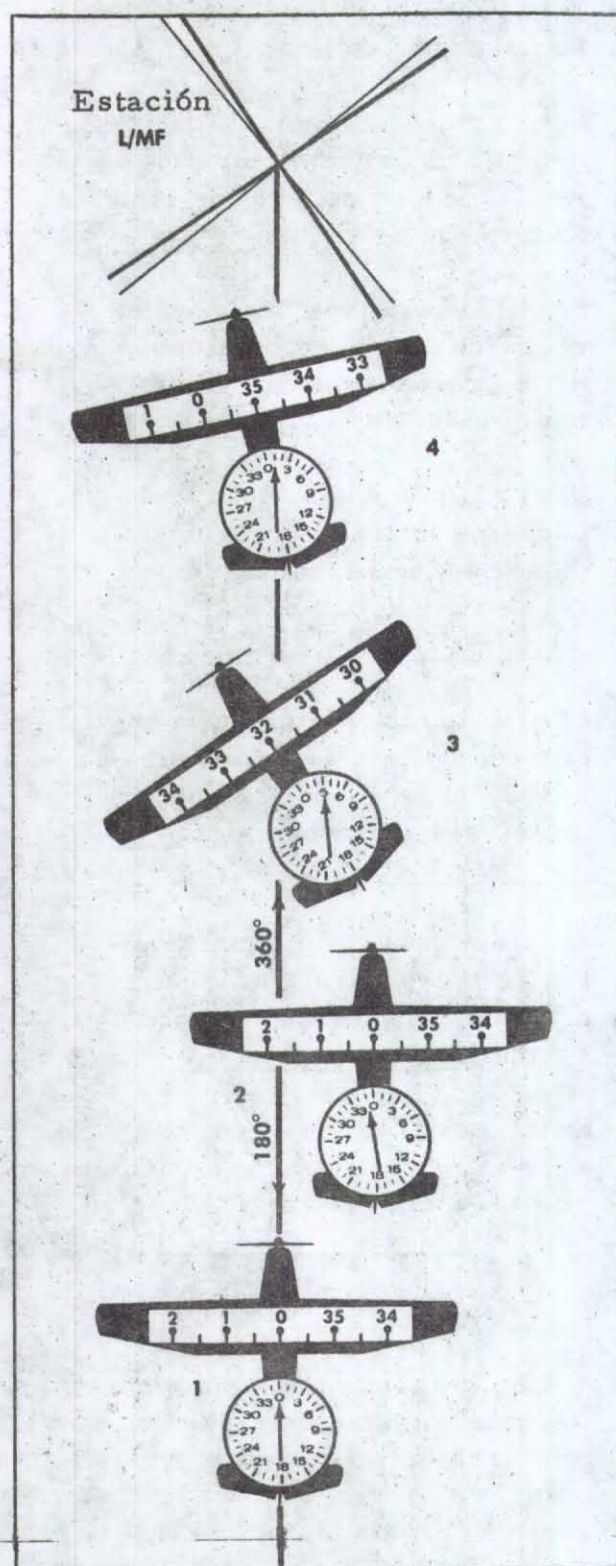


FIGURA No. 75

sobre la trayectoria con un rumbo 350° y una marcación relativa de 010° . Si esta corrección no ha sido suficiente para mantener el avión en la trayectoria, será necesario aplicar una mayor. El piloto debe recordar que si la aguja del radiogoniómetro se va hacia "0", la corrección de deriva ha sido insuficiente y se debe aumentar; y si la aguja se aleja más del "0", la corrección que se ha aplicado es mayor que la necesaria y se tiene que disminuir. La marcación relativa y el rumbo deben mantenerse constantes para poder seguir una trayectoria deseada.

Cuando se hace una recalada empleando el radiogoniómetro las correcciones de deriva deben hacerse hacia donde lo indica _____

La Aguja

Cuando la aguja del radiogoniómetro indica 10° , la corrección de deriva debe hacerse hacia la _____

Derecha

Cuando la aguja del radiogoniómetro indica 10° , el avión está a la _____ de la trayectoria intentada.

Izquierda

En la Figura No. 75, si el avión hubiera derivado a la izquierda y se vira hasta que quede al rumbo 040° , la aguja se moverá hacia la _____ del "0".

Izquierda

En el caso anterior, manteniendo el rumbo 040° , el avión habrá regresado a la trayectoria cuando la marcación relativa sea de _____

320°

Puesto que el avión derivó a la izquierda, el viento es de la _____.

Derecha

Cuando se ha regresado a la trayectoria 360° y se mantiene una corrección de deriva de 5° derecha, el rumbo será de _____.

005°

Con el rumbo 005° para conservar la trayectoria 360° , la indicación de la aguja (marcación relativa), será _____

355°

Con 5° de corrección de deriva, si la aguja del radiogoniómetro tiende a irse hacia "0", la corrección de deriva debe ser _____ que 5° .

Mayor

Si la aguja tiende a irse hacia la izquierda de 355° , (marcación relativa disminuyendo), la corrección de deriva debe ser _____ que 5°

Menor

ALEJANDOSE DE LA ESTACION.

El procedimiento para alejarse de la estación por una trayectoria dada, es similar a la recalada, sólo que las indicaciones de la aguja del radiogoniómetro serán hacia atrás del avión. Recuerde que cuando la aguja se aleja de 180° , la corrección de deriva debe ser mayor que la aplicada y si la aguja se mueve hacia 180 la corrección debe ser menor.

La Figura No. 76, ilustra el procedimiento para alejarse de la estación.

a) En la posición 1, el avión se aleja de la estación con rumbo 360° y marcación relativa 180° , la trayectoria intentada es 000° .

b) En la posición 2, el avión ha derivado hacia la derecha. El rumbo sigue siendo 360° , pero la marcación relativa es 190° , la aguja se ha movido al lado izquierdo indicando que el

viento es de la izquierda.

- c) Para regresar a la trayectoria inten-
tada, es necesario corregir el rum-
bo hacia donde lo indica la aguja, es
decir hacia la izquierda.
- d) Se vira 40° a la izquierda a tomar el
rumbo 320° , la marcación será de -
 230° .
- e) El rumbo 320° se mantiene hasta -
que la aguja regrese 10° los mismos
que manifestó fuera de trayectoria; -
es decir, se sabrá que se está nue-
vamente en la trayectoria cuando, -
manteniendo el rumbo 320° , la mar-
cación sea 220° ($230^{\circ} - 10^{\circ}$) como lo
indica la posición 3.
- f) En la posición 4, el avión está volan-
do sobre la ruta con una corrección-
de deriva de 10° izquierda, un rum-
bo de 350° y una marcación relativa
de 190° .

PASO SOBRE LA ESTACION.

Cuando se ha aplicado la corrección de deriva y se tiene un rumbo que man-
tiene al avión sobre la trayectoria de-
seada, es importante determinar el mo-
mento en que se pasa sobre la estación.
Cuando se llega a la estación la aguja -
del radiogoniómetro empieza a oscilar, -
las oscilaciones son rápidas y el rumbo
debe mantenerse, cuando se está exacta-
mente sobre la estación, la aguja indica-
rá hacia 90° a uno u otro lado de la mar-
cación que se leía antes de llegar a la -
estación, después de haberse pasado, la
marcación relativa será la recíproca: -
por ejemplo, si se ha llegado a la esta-
ción con marcación relativa 355° , al ale-
jarse se mantendrá marcación relativa-
 175° ; el procedimiento para alejarse de
la estación será similar al de recalada.

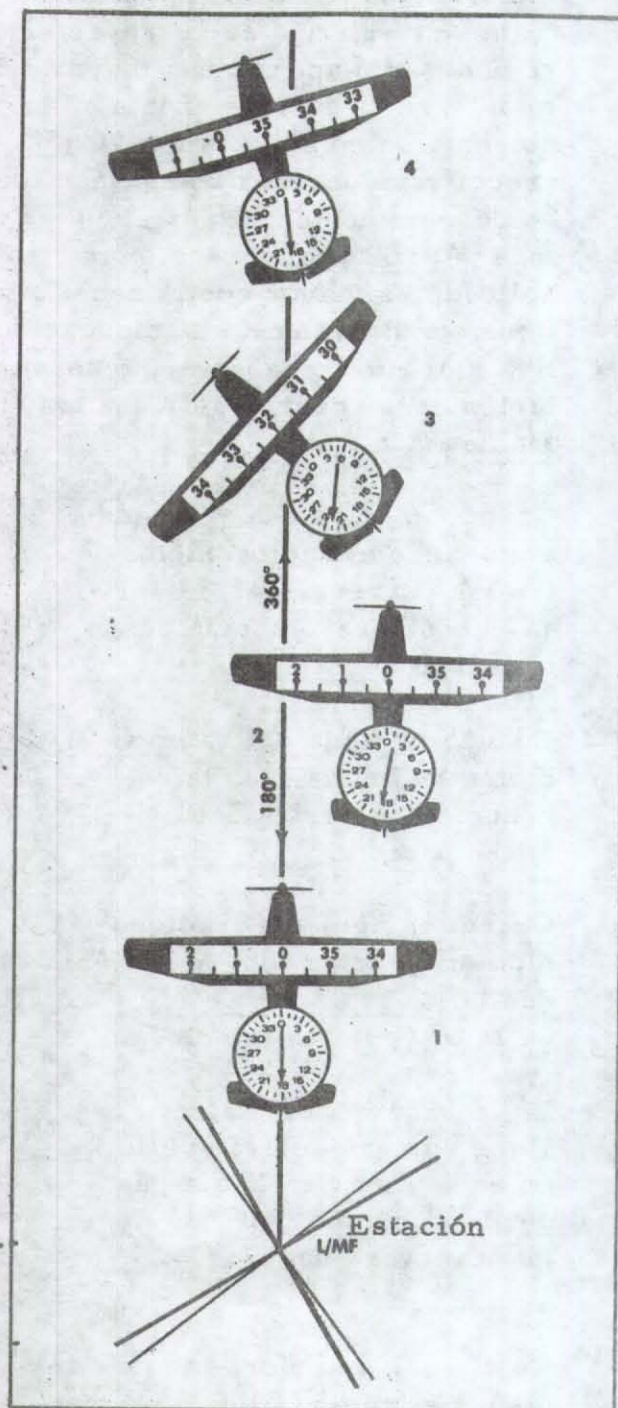


FIGURA No. 76

La aguja indicadora del radio-
goniómetro _____ cuan-
do se está pasando sobre la -

estación sintonizada.

Oscila

la aguja del radiogoniómetro - se va a mover hacia el _____

180

En el caso anterior, no se han correcciones, mantengase el mismo _____

Rumbo

El avión habrá regresado a la trayectoria cuando la aguja - marque _____.

220°

La aguja estará oscilando - mientras se pasa sobre la estación. Se está sobre la estación, cuando la aguja se ha - movido _____ a un lado u - otro.

90°

Alejándose de la estación, los virajes harán que la aguja del radiogoniómetro se aleje o se acerque al _____.

180°

El paso definitivo de la estación se manifiesta cuando la - marcación relativa ha cambiado _____.

180°

La trayectoria deseada se intercepta cuando la aguja se ha movido un número de grados - igual a los que tenía de deriv - va antes de _____ pa - ra regresar.

Virar

Cuando se vuela alejándose de una estación por una trayecto - ria determinada y en condicio - nes de viento cero, la aguja - del radiogoniómetro debe se - ñalar _____.

180°

Si la trayectoria deseada es - 360° y la aguja indica que se - ha derivado 10° a la derecha, lectura de 190°, se aplicará - una corrección de 40° para re - gresar a la trayectoria y el - nuevo rumbo será _____.

320°

Si la aguja se mueve hacia el - 190°, el avión está derivando - hacia la _____ de la trayectoria deseada.

Derecha

Al tomar rumbo 320°, la agu - ja indicará una marcación re - lativa de _____.

230°

Para regresar a la trayecto - ria e interceptarla, se tiene - que virar hacia la _____.

Izquier - da

Cuando el avión esté sobre la trayectoria volando al rumbo - 320°, la aguja del radiogonió - metro indicará _____.

220°

Si la trayectoria deseada para alejarse de la estación es de - 360° y el viraje para regre - sar es de 40° izquierda, el - avión tomará un rumbo de - _____.

320°

Con una trayectoria de 360° y una corrección de deriva de - 5° derecha, el rumbo del - avión será _____.

005°

Al virar a la izquierda, quan - do el rumbo es de 320°, la - aguja indicará una marcación relativa de _____.

230°

Con rumbo 005° siguiendo la - trayectoria 360°, alejándose - de la estación, la aguja debe - indicar _____.

175°

Manteniendo el rumbo 320°, -

Si la corrección es de 5° iz - quierda, el rumbo será _____

355°

y la marcación relativa _____ 185°

Con 5° de corrección de deriva izquierda y la aguja indicando 185°, si la aguja empieza a irse hacia 180°, la corrección de deriva debe ser _____ que 5°.

Menor

PROCEDIMIENTOS DE INTERCEPCION DE MARCACIONES MAGNETICAS.

En radionavegación a menudo se presenta el problema de interceptar alguna marcación magnética por la cual hay que alejarse, o recalar a una estación; o sea, una M_m hacia la estación (QDM) o una M_m desde la estación (QDR ó Radial).

El siguiente es un procedimiento que se puede usar para este propósito:

- 1) Primero se sintoniza e identifica la estación y se pone el conmutador selector en ADF.
- 2) Después se lee la marcación relativa indicada por la aguja del radiogoniómetro (Figura No. 77, Posición 1), aquí el avión está al rumbo 000° y la aguja indica marcación relativa de 300°, 60° a la izquierda de la nariz del avión. $M_m = 300$ ó QDM = 300.
- 3) En la Posición 2, el avión ha virado al rumbo 270°, paralelo a la trayectoria deseada. En la aguja del radiogoniómetro ahora se lee 030° de marcación relativa, indicando que la estación está 30° a la derecha.
- 4) En la Posición 3, el avión ha virado al doble de la marcación relativa

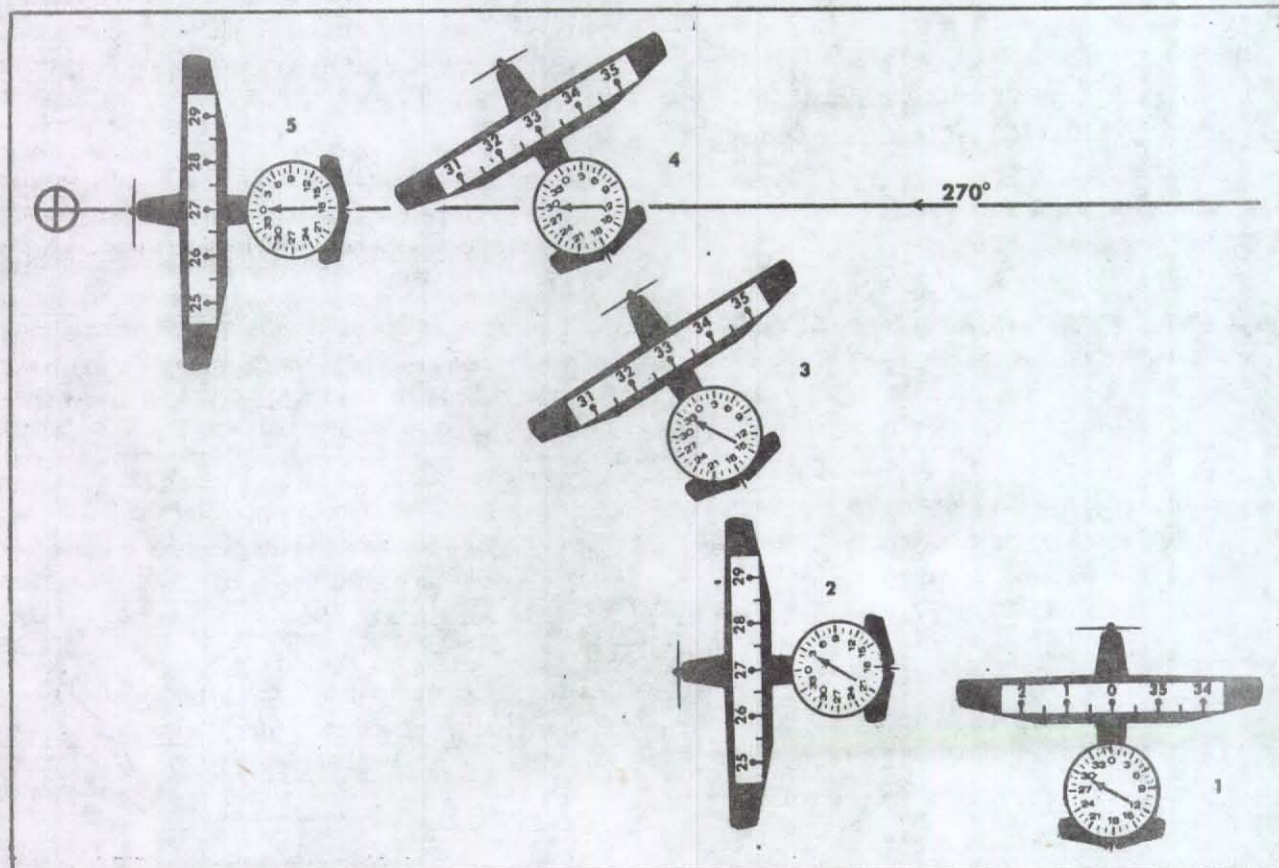


FIGURA No. 77

anterior, es decir 60° hacia la derecha a fin de interceptar la trayectoria deseada antes de la estación. El rumbo es ahora 330° y la marcación relativa también 330° , la estación está a 30° a la izquierda del avión.

- 5) En la Posición 4, aún se mantiene el rumbo 330° , frente a la aguja se lee ahora una marcación relativa de 300° (60° a la izquierda de 0°). Esto es, el total de la desviación inicial de 30° más la adicional de 30° que se tuvo al arrumbar para interceptar. En este momento se ha interceptado la trayectoria intentada seleccionada.
- 6) El siguiente paso es virar hasta que el rumbo indicado sea de 270° , Posición 5. Al arrumbar al 270° , la marcación relativa debe ser 000° y en caso de no haber viento, los dos valores se mantendrán constantes hasta llegar a la estación. Si hay algún cambio en la marcación, será indicación de viento cruzado y se procederá en la forma señalada anteriormente para recalada con viento.

Resumamos el procedimiento de interceptación hacia la estación en los cinco siguientes pasos:

- 1) Se vira hasta tener el rumbo de la trayectoria deseada.
- 2) Se ve la dirección y la cantidad de grados que la aguja del radiogoniómetro se ha separado del "0". (Diferencia angular).
- 3) Se vira en la dirección que indica la aguja un número igual de grados a la desviación de la propia aguja, más 30° . (LA SUMA NO DEBE EXCEDER DE 90°). Por ejemplo: Si la

aguja se ha desviado 30° a la derecha del "0", se debe virar hacia la derecha 60° .

- 4) Manteniendo el mismo rumbo, se espera hasta que la aguja indica una desviación a partir de "0" igual a la desviación original más los 30° ; en ese momento se habrá llegado a la trayectoria deseada.
- 5) Se vira hasta tomar el rumbo magnético hacia la estación.

El siguiente ejemplo se debe resolver gráficamente:

Se desea interceptar la marcación magnética hacia la estación (QDM), 060° .

- 1) Se toma el rumbo magnético 060° .
- 2) Volando al rumbo 060° la aguja del radiogoniómetro indica una marcación relativa de 340° (20° a la izquierda de "0").
- 3) Se vira hacia la izquierda 50° ($20^{\circ} + 30^{\circ}$). El nuevo rumbo es ahora 010° y la marcación relativa 030° .
- 4) Se mantiene el rumbo 010° hasta que la marcación relativa sea de 050° . ($20^{\circ} + 30^{\circ}$).
- 5) Se vira hasta arrumbar al 060° .

Para interceptar una trayectoria hacia una estación, primero se toma el _____ de la trayectoria intentada.

Rumbo

Cuando se ha establecido un rumbo paralelo a la trayectoria intentada, se ve el número de grados que la aguja del radiogoniómetro se separa del _____.

"0"

Se vira hacia la aguja un número de grados igual a la desviación de la aguja más 30° , pero esta suma no debe exceder de _____.

90°

Si la trayectoria magnética deseada hacia la estación es 360° y la desviación angular de la aguja es de 30° cuando se vuela al rumbo paralelo 360° , el viraje debe hacerse de _____ grados.

60°

La trayectoria deseada se habrá interceptado cuando la aguja esté separada _____ grados hacia un lado de "0".

60

Si después de tomar el rumbo paralelo a la trayectoria intentada la aguja se desvía 20° a un lado de "0", el viraje para interceptar debe ser de _____.

50°

Después de virar los 50° , la interceptación sucederá cuando la aguja marque una desviación de _____ del "0".

50°

PROCEDIMIENTO PARA INTERCEPTAR Y ALEJARSE DE LA ESTACION POR UN "QDM" DADO.

Para interceptar y alejarse de una estación por un determinado QDM, se sigue un procedimiento similar al descrito anteriormente para recalar; solo que teniendo en cuenta los movimientos de la aguja del radiogoniómetro a partir de 180 como se verá a continuación:

- 1) Se toma el rumbo recíproco del "QDM" que se desea interceptar. La aguja indicará la dirección hacia donde hay que virar para interceptar.

- 2) El viraje para interceptar se calculará sumando 30° a la desviación de la aguja desde 180.

- 3) Después de terminar el viraje, la aguja se habrá alejado otros 30° del 180. Se mantiene el rumbo hasta que la deflexión de la aguja a partir de 180, sea igual al ángulo de interceptación.

- 4) Ahora se hace un viraje para tomar el rumbo deseado para alejarse de la estación.

- 5) Es recomendable que el ángulo de interceptación no sea mayor de 45° . Cuando se estime estar muy cerca de la estación.

NOTA: Cuando se interceptan QDM's, es recomendable empezar el viraje final, para llegar o alejarse de la estación antes de llegar al QDM deseado, a fin de no pasarse. El momento de dar principio al viraje depende de la velocidad, el radio de viraje del avión y de la distancia a la estación, se determina con la práctica.

Después de haber interceptado y estar sobre la trayectoria deseada, si no hay viento, se mantendrá la marcación relativa en "0", o en "180", según vuele hacia la estación o se aleje de ella. Cuando hay viento será necesario aplicar una corrección de deriva que se determina por tanteos, como se explicó anteriormente, manteniendo un rumbo en el cual la marcación relativa no cambia.

Problema de Interceptación para Alejarse.
(Debe resolverse gráficamente).

Se desea interceptar y alejarse por el QDM 060° .

- 1) Se toma un rumbo magnético recíproco a la trayectoria deseada, (rumbo 240°). Cuando se toma este rumbo, en la carátula del radiogoniómetro se lee una marcación relativa de 190°, la aguja está 10° a la izquierda del 180.
- 2) Se vira hacia la izquierda 40° (10 + 30); el ángulo de intercepción será de 40° y el rumbo 200°.
- 3) Se mantiene el rumbo 200° hasta que la deflexión de la aguja a partir de 180 sea igual al ángulo de intercepción 40°; es decir cuando la marcación relativa sea 220°.
- 4) Poco antes de tener la marcación 220° se vira al rumbo de la trayectoria deseada 240° buscando la marcación relativa 180°, si ésta y el rumbo 240° se mantienen se comprobará que no hay deriva.

Para interceptar un QDM y alejarse de la estación por él, primero se toma el _____ recíproco a la trayectoria deseada.

Rumbo

De acuerdo a la deflexión de la aguja del radiogoniómetro a partir de _____ se determina hacia dónde y cuánto hay que virar para interceptar.

180°

El número de grados del viraje para interceptar es igual a la deflexión de la aguja a partir de 180, más _____.

30°

Cuando se ha virado, la aguja se moverá _____ del 180.

Alejándose

Si el viraje para interceptar -

fué de 60°, cuando se llegue al QDM, la aguja estará separada _____ del 180.

60°

A continuación se describe otro procedimiento de intercepción de QDM's:

- 1) Se establece la diferencia angular entre el QDM en que se está y el QDM que se va a interceptar.
- 2) De acuerdo a la diferencia encontrada se aplica la siguiente regla para establecer el ángulo de intercepción:

<u>Diferencia Angular</u> <u>Entre QDM's</u>	<u>Angulo para</u> <u>Interceptar</u>
5° a 15°	30°
15° a 25°	45°
25° a 35°	60°
35° a 60°	90°

NOTA: Si la diferencia angular entre QDM's es mayor de 60°, la intercepción se hace a dos rumbos en la forma que se indica más adelante.

- 3) Se determina si el QDM que se va a interceptar está a "N", "E", "S" u "W", de la posición actual.
- 4) Se aplica el ángulo de intercepción al QDM que se va a interceptar según sea para alejarse o para volar hacia la estación.

El siguiente ejemplo ilustra el procedimiento:

- 1) Rumbo magnético 320°, marcación relativa 340°; por tanto se está en el QDM 300° (320° + 340° - 360°).

- 2) Se desea interceptar hacia la estación, el QDM 270° (Figura No. 78 "a").
- 3) La diferencia angular entre QDM's es de 30° ($300^\circ - 270^\circ$), así que el ángulo de intercepción será de 60° .
- 4) El QDM que se va a interceptar está al Norte del QDM en que se está, el rumbo para interceptar será $330^\circ - (270^\circ + 60^\circ)$.

NOTA: Si el QDM 270° quedara al Sur, para interceptarlo con 60° hacia la estación, el rumbo sería 210° ($270^\circ - 60^\circ$).

- 5) Se mantiene el rumbo 330° hasta que la marcación relativa sea 300° (Figura No. 78 "b").
- 6) Se cambia rumbo al 270° y la marcación relativa será 000° que se mantendrá si no hay viento cruzado, si lo hubiera se procederá en la forma señalada anteriormente para recalada con viento. (Figura No. 78 "c").

Cuando la diferencia angular entre los QDM's es mayor de 60° , la intercepción se hace a dos rumbos en la forma siguiente:

- 1) Después de establecida la diferencia angular de más de 60° , se vuela a un rumbo recíproco al QDM que se desea interceptar.
- 2) Se espera el través, marcación relativa 090° ó 270° y a partir de esta posición se mide un tiempo de minuto y medio, después de transcurrido este tiempo,
- 3) Se toma un rumbo igual al QDM que se va a interceptar $\pm 90^\circ$, según el

caso,

- 4) Cuando la marcación relativa sea 080° ó 280° se empezará a virar hacia el rumbo del QDM hasta encontrar la marcación relativa 000° .

E j e m p l o :

- 1) Rumbo magnético 100° , marcación relativa 050° , por tanto se está en el QDM 150° ($100^\circ + 50^\circ$). Se desea interceptar el QDM 260° . (Figura No. 79 "a").
- 2) La diferencia angular es de 110° ($260^\circ - 150^\circ$), siendo mayor que 60° , se tomará el rumbo 080° recíproco de 260° , se espera a tener marcación relativa 090° (través derecho y se cuenta el tiempo a partir de este momento).
- 3) Después de transcurrido minuto y medio del través se vira al rumbo 170° , ($260^\circ - 90^\circ$).
- 4) Se mantiene el rumbo hasta tener marcación relativa 080° y se vira a la derecha buscando el rumbo magnético 260° y la marcación relativa 000° . (Figura No. 79 "b").

TIEMPO Y DISTANCIA A LA ESTACION

Los radiogoniómetros, como el ilustrado anteriormente, pueden usarse como automáticos, o manejarse manualmente para determinar el tiempo y la distancia a la estación sintonizada.

El procedimiento para determinar el tiempo de vuelo a la estación es el siguiente:

- 1) Primero se sintoniza e identifica la estación, anotando la dirección hacia

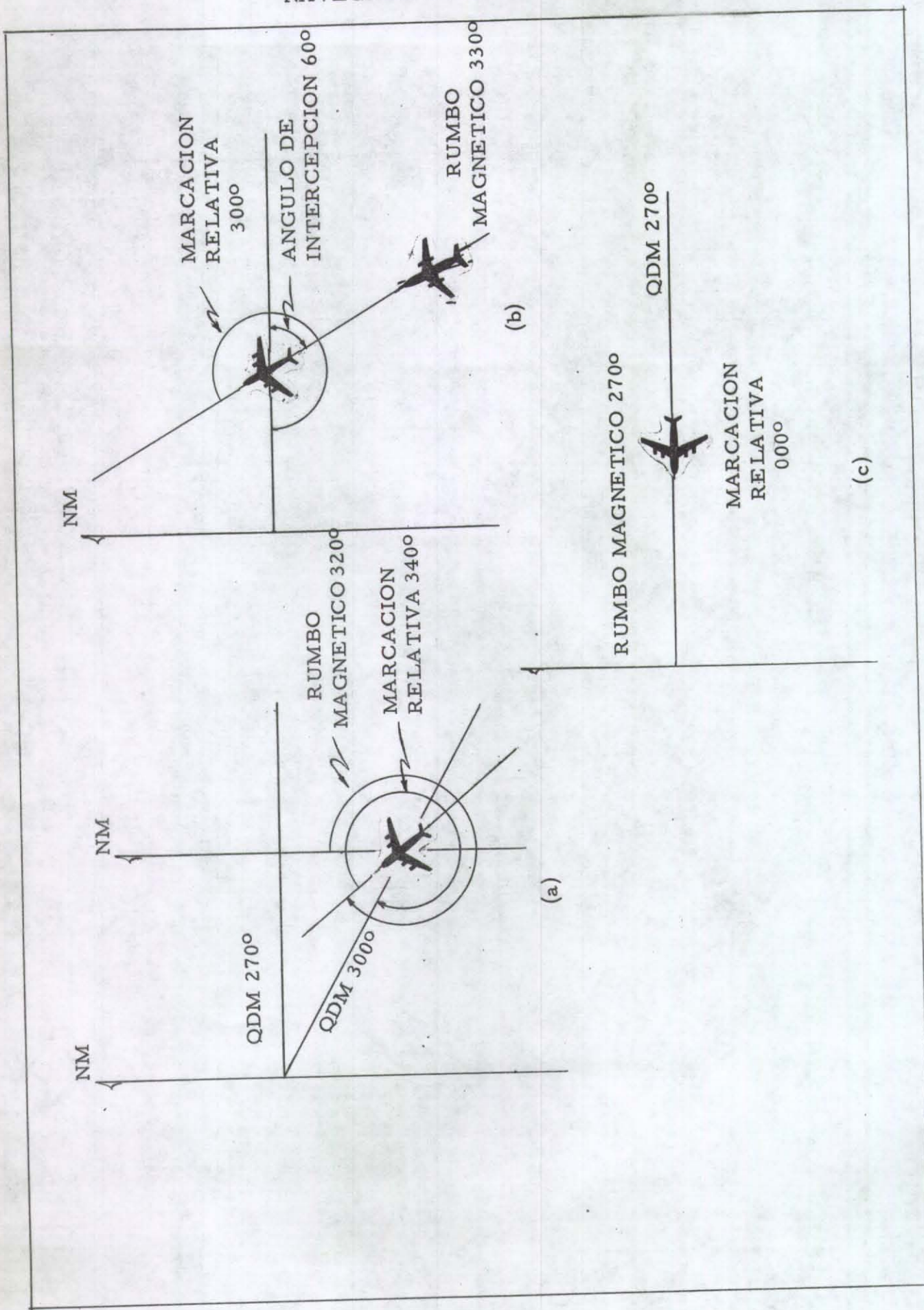


FIGURA No. 78

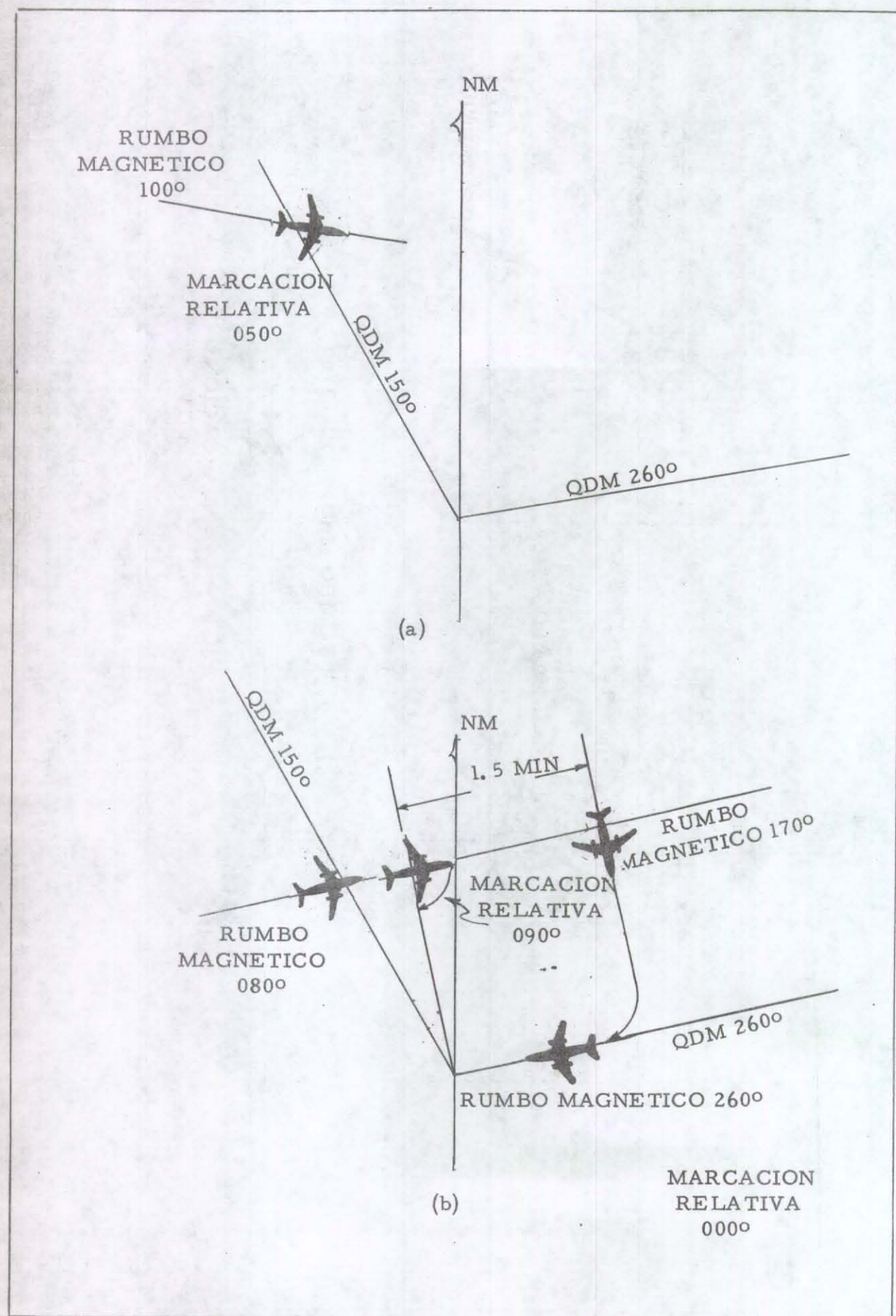


FIGURA No. 79

donde apunta la aguja del indicador.-
La aguja indicará la dirección y la -
magnitud del viraje requerido para -
que la marcación sea 90° ó 270°.

- 2) Se vira de tal manera que la marca-
ción relativa sea 90° ó 270°.
- 3) Se anota la hora correspondiente a -
la marcación 90° ó 270° y se mantie-
ne el rumbo.
- 4) El rumbo debe mantenerse hasta que
la marcación cambie 5° ó 10°.
- 5) Se toma nuevamente la hora y la di-
ferencia de tiempo se aplica en la re-
solución de la siguiente fórmula:

$$\text{Minutos de vuelo a la Estación} = \frac{60 \times \text{Diferencia en tiempo (en minu-}}{\text{Cambio Angular} \quad \text{tos)}$$

- 6) Si para un cambio angular de 10°, se
ha empleado 4 minutos, se necesitan
24 minutos para llegar a la estación
 $\frac{60 \times 4}{10} = \frac{240}{10} = 24.$

Para determinar el tiempo a-
la estación con ayuda del ra-
diogoniómetro, se debe empe-
zar con la estación al _____ Tráves

El tiempo para el cambio an-
gular se empieza a contar -
cuando la marcación relativa-
es 090° ó _____ 270°

Es recomendable usar un cam-
bio angular de 10°. La fórmu-
la para determinar el tiempo-
a la estación es: 60 x tiempo-
en minutos dividido entre _____ Cambio
Angular

Si se emplea un minuto para -

que la marcación relativa -
cambie de 270° a 260°, el -
tiempo de vuelo a la estación- 6 Minu-
será de _____ tos

Cuando se está muy próximo-
a la estación, el cambio angu-
lar puede suceder solo en se-
gundos; en este caso la fórmu-
la se reduce a dividir el nú- -
mero de _____ Segundos
entre el cambio angular.

Si el cambio angular de 10° su-
cede en 2 minutos 30 segun- -
dos, el tiempo de vuelo a la -
estación será de _____ minu- 15
tos $\left(\frac{150}{10}\right).$

CALCULO DE LA DISTANCIA CON EL- COMPUTADOR.

El siguiente procedimiento, emplean-
do el computador, puede usarse para de-
terminar la distancia a la estación:

- 1) Calcule la velocidad verdadera.
- 2) Coloque el índice horario frente a la
velocidad verdadera.
- 3) Lea la distancia frente al número de
minutos:

Ejemplo: Velocidad verdadera 180 -
nudos, tiempo de vuelo a -
la estación 15 minutos.

Se coloca el índice horario
frente a 180; frente a 15 mi-
nutos se lee 45 millas náu-
ticas.

La exactitud del método de-
pende del viento existente,
del cambio angular y de la

exactitud de la medida del tiempo. Manténgase el rumbo constante y médase con exactitud el tiempo. La distancia también puede obtenerse usando la siguiente fórmula:

$$\text{Distancia} = \frac{\text{Velocidad verdadera} \times \text{tiempo}}{\text{Cambio Angular}}$$

en minutos.

Ejemplo: Cambio angular entre marcaciones 10° .

Tiempo empleado 3 minutos.

Velocidad verdadera 200 nudos.

$$\frac{200 \times 3}{10} = 60 \text{ Millas náuticas a la estación.}$$

La distancia aproximada a la estación se puede determinar conociendo el tiempo y la _____

Velocidad
Verdadera

Usando un computador para determinar la distancia a la _____

estación, se coloca la velocidad verdadera frente al índice horario y frente al _____ de vuelo, se encuentra la distancia a la estación.

Tiempo

La distancia también se puede obtener de la fórmula siguiente:

$$\frac{Vv \times \text{Tiempo en Minutos}}{\text{Cambio Angular}}$$

La velocidad verdadera es de 200 nudos, se han requerido 4 minutos para un cambio angular de 10° . La distancia a la estación será de _____

80
Millas
Náuticas

Velocidad verdadera 180 MPH, tiempo requerido para cambio angular de 10° , 3 minutos. La distancia a la estación es de - _____

54
Millas

CAPITULO No. 6

SISTEMAS DE NAVEGACION DE MUY ALTA FRECUENCIA

Como se ha visto, las radioayudas de baja y media frecuencia tienen ciertas deficiencias, la mayor parte de ellas es causada por la estática originada en los disturbios atmosféricos,

Los radiofaros omnidireccionales de muy alta frecuencia, más comúnmente conocidos como VOR's (VERY HIGH FREQUENCY OMNIDIRECTIONAL RANGE), eliminan las deficiencias señaladas y proveen ventajas adicionales las cuales hacen que este sistema de navegación sea muy superior.

Las estaciones VOR tienen asignada la banda de frecuencia comprendida entre los 112 y los 118 megahertz (MHz) y para los de baja potencia desde los 108 hasta los 112 MHz, con décima par de megahertz.

Los radiofaros VOR son radiofacilidades que se instalan en tierra para balizar las aerovías "VICTOR", pero pueden utilizarse como toda radioayuda, volando dentro de la propia aerovía, o fuera de ella.

La Figura No. 80 muestra una carta en la que puede verse parte de la red de aerovías Victor. Las estaciones VOR están simbolizadas por un punto dentro de una rosa de compás graduada de 0° a 360° y orientadas al norte magnético del lugar. Las aerovías Victor se señalan con una "V" seguida por un número.

PATRON DE TRANSMISION DE UNA ESTACION VOR.

Cada estación VOR transmite seña-

les en todas direcciones (Omni-Directional). Las señales están dispuestas de tal manera que producen un número infinito de direcciones alrededor de la estación, 360 de las cuales se pueden seleccionar e identificar por el receptor especial instalado a bordo de una aeronave. Cada marcación magnética desde una estación VOR, recibe el nombre de RADIAL (QDR).

Es posible que varias diferentes aerovías convergan a una misma estación VOR. Teóricamente, las aerovías Victor pueden converger a una estación de 360 direcciones diferentes.

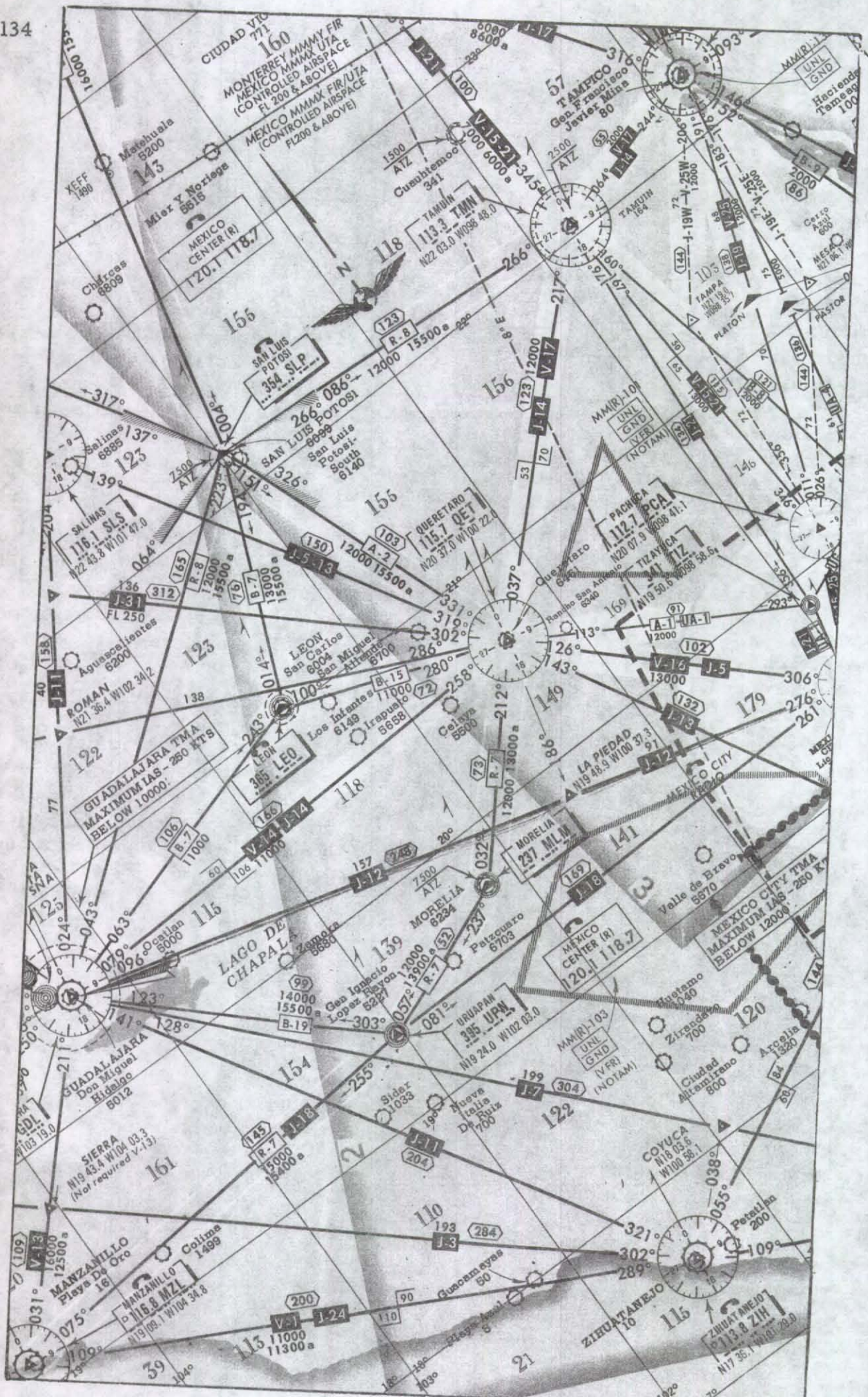
IDENTIFICACION DE LA ESTACION.

Las estaciones VOR transmiten dos clases de señales, las de uso exclusivo de navegación y las audíbles; estas últimas se utilizan para emitir la identificación de la estación, así como para comunicaciones en general.

IDENTIFIQUESE LA ESTACION ANTES DE USARSE CON FINES DE NAVEGACION.

Las estaciones VOR emiten tres letras codificadas como identificación. Por ejemplo: la estación de Querétaro tiene por identificación "QET", que transmitirá en la siguiente forma: (---) (-).

1. La letra "V" es el símbolo de VHF (Very High Frequency Radio Signals); la letra "O" indica OMNI-Directional (Todas



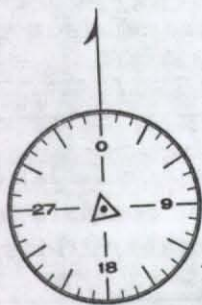
direcciones); y la "R" es- Radiofaro el símbolo de Range Sta-- Omni-Di- tion. Las letras "VOR" re reccional presentan en español _____ de muy al _____ ta frecuen _____ cia.

2. Las aerovías "Victor" es- Muy Alta tan balizadas con radio- - Frecuen ayudas de _____ cia

3. Las aerovías Victor se de signan por la letra V y un número. "V-16" será la de signación de _____ La Aero vña Vic- tor 16

4. El sistema de aerovías - que se encuentra balizado con estaciones VOR, se - llama _____ Victor

5. En las cartas de ruta de - Jeppesen (Jeppesen Aviga tion Enroute Charts), el - símbolo siguiente repre- senta _____ Un VOR



6. Las señales emitidas por una estación VOR estable ce prácticamente _____ radiales a su alrededor. 360

7. Las señales emitidas por un VOR radían de la esta- Trayecto rias Rec

ción siguiendo (Lines of - Sight) _____

tas Lí- neas Op ticas

8. Tal como una línea visual no puede curvarse para - ver bajo el horizonte, la - señal de una estación _____ no - puede ser recibida por - abajo del horizonte de la - estación transmisora.

VOR 6 VHF

9. Ordinariamente las seña- les VOR no pueden ser re cibidas a distancias de 70 a 80 millas a bajas altitu- des, debido a que el avión queda por abajo de la _____ de la estación.

Línea Optica

10. Cuando se vuela dentro - del alcance de una esta- ción VOR, se puede selec cionar cualquiera de los - 360 _____ para uso de navegación.

Radiales

11. Los radiales de una esta- ción VOR, se definen como marcaciones o derro- tas magnéticas DESDE - (From) la estación. Un - avión directamente al ES TE MAGNETICO de la es- tación, estaría en el ra- dial _____.

090°

12. Si un avión se encuentra - en la marcación magnéti- ca de 300° DESDE una es- tación VOR, se considera que está en el radial _____ de dicha estación.

300°

13. Todas las rosas de com- pás correspondientes a -

- estaciones VOR que aparecen en las cartas Jeppesen, están referidas al meridiano magnético del lugar, por tanto, los radiales siempre serán marcaciones desde la estación. Magnéticas
14. Antes de usar una estación VOR para fines de navegación, es de mucha importancia que la estación sea positivamente identificada.
15. La aerovía Victor entre Guadalajara y Querétaro - indicada en la carta de la Figura No. 80, se identifica como V-14. El radial de Guadalajara que corresponde a esa aerovía es 079.
16. Las radio-marcaciones son direcciones medidas desde el Norte Magnético. Las marcaciones pueden ser consideradas como líneas de dirección desde un avión hacia una estación de radio (o a otro punto de referencia), o desde una estación hacia el avión. En radionavegación, todas las marcaciones son consideradas como a menos que se señale lo contrario. Magnéticas
17. Un radial de una estación VOR puede considerarse como una Línea de Posición con referencia magnética cuando el avión esté en él.
18. Para establecer una línea de posición, cualquier radial de un VOR puede considerarse como una Marca ción Magnética
19. La transmisión de una estación VOR es muy conveniente para fines de navegación durante mal tiempo debido a que las frecuencias a las que transmiten estas estaciones es tan libres de Estática
20. Las estaciones VOR están localizadas a lo largo de Aerovías Victor
21. Una estación VOR transmite señales en todas direcciones, se dice que es de transmisión transmitiendo señales a través de 360 direcciones. Omni-Direccional
22. En adición a la señal de navegación, muchas estaciones VOR están equipadas con un transmisor y receptor de Comunicaciones a Voz
23. La identificación de las estaciones VOR consiste en tres letras transmitidas en Código Morse y en algunos casos a voz.
24. Cada radial de una estación VOR se mide a partir del norte magnético y en el sentido de giro de las manecillas del reloj. Un avión volando sobre el radial 225° de una estación VOR, está en una

posición que corresponde a la dirección de _____ magnética desde la estación.

225°

25. Los radiales de un VOR - se extienden como _____ de una rueda a partir de la estación.

Los Rayos

26. La rosa que corresponde a un VOR en una carta está orientada al _____

Norte Magnético

27. El receptor VOR de una aeronave puede identificar cualquier radial de una estación VOR y dar su valor en grados a partir del _____

Norte Magnético

28. El receptor VOR de un avión puede recibir la señal desde cualquier radial seleccionado, lo que le permitirá al piloto establecer o determinar una _____ en cualquier dirección hacia o desde la estación VOR.

Marca ción Magnética

LA BANDA DE MUY ALTA FRECUENCIA (VHF).

Dentro de la banda de altas frecuencias que va de los 30 a los 300 megacilos, están las frecuencias asignadas a las estaciones VOR que transmiten entre 108.0 y 117.9 MHz. Cada canal VOR está separado 0.1 MHz. Puesto que 1 MHz es igual a 1,000 KHz, la separación entre cada canal será de 100 KHz.

Las frecuencias de los VOR's entre 108 y 112 MHz tienen décima par de Megahertz, tales como: 108.0, 108.2, -

108.4, etc., debido a que dentro de la misma gama se asignan frecuencias, pero con décima impar al transmisor del localizador del ILS; es decir, para este transmisor las frecuencias son: 108.1, - 108.3, etc. Los VOR's que transmiten a frecuencias mayores que 112 MHz tienen, indistintamente, décima par o impar de Megahertz.

El equipo medidor de distancia (DME) asociado con algunas de las estaciones VOR emplea frecuencias comprendidas dentro de las ultra altas (UHF) que van de los 962 a los 1213 megahertz.

Recordemos que:

1 Kilohertz = 1,000 Hertz

1 Megahertz = 1,000 Kilohertz (1,000,000 Hertz)

EQUIPO VOR DE A BORDO.

El equipo VOR de a bordo incluye lo siguiente: un radio receptor, antena, selector de frecuencias, selector de marcaciones (OBS), indicador de sentido (To-From), control de volumen y mecanismo de alarma.

Selector de Frecuencias VHF.

En la Figura No. 81, se ilustra un típico selector de frecuencias VHF del receptor VOR; así como el resto del panel con el interruptor de encendido y el botón del control de volumen.

Sintonizar e Identificar un VOR.

Las estaciones VOR destinadas para uso en navegación aparecen representadas en las cartas de radioayudas como lo muestra la Figura No. 80.

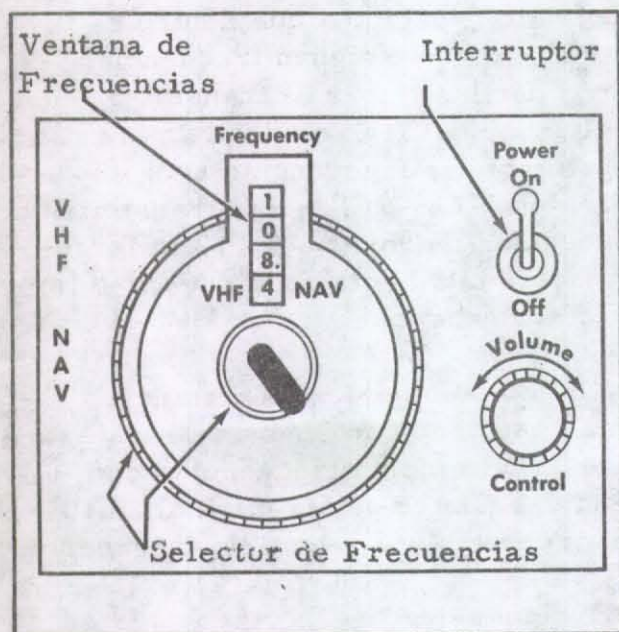


FIGURA No. 81

Supongamos que se desea sintonizar el VOR de Querétaro (QET) que aparece en esta carta. La frecuencia e identificación de la estación aparecen en un pequeño rectángulo adyacente al símbolo correspondiente -para sintonizar e identificar la estación-.

- 1) Se pone el "INTERRUPTOR" en "ON". (Figura No. 81).
- 2) Se obtiene la frecuencia de la estación, de la carta, del "Jeppesen J - AID", del "Airman's Guide", etc., etc.
- 3) Se gira el botón del selector de frecuencias hasta que en la ventana aparezca la frecuencia deseada. (Figura No. 81).
- 4) Se ajusta el volumen para recibir la identificación.
- 5) Se comprueba la identificación de la estación, codificada, o a voz, según como la transmita la estación; algu-

nas usan ambos tipos de identificación.

29. Las estaciones VOR transmiten a frecuencias comprendidas entre 108.0 a 112.0 en fracciones decimales pares y todas las fracciones de 117.0 a 118.0 Mega Hertz
30. La banda de frecuencia es de 108.0 MHz a MHz. 117.9
31. Las estaciones VOR pueden recibir en una banda de frecuencia de 108.0 a MHz en fracciones decimales pares. 112.0
32. Las muy altas frecuencias, usadas por las estaciones VOR, tienen la ventaja de estar libres de Estática
33. El selector de frecuencias VOR se usa para sintonizar la estación VOR deseada de acuerdo con su frecuencia publicada. Para estar seguro de haber sin tonizado la estación deseada, es necesario escuchar la Identificación de la estación.
34. El control de volumen del panel del receptor se usa para controlar el nivel de volumen con que se escucha la y los mensajes a voz que transmite la estación. Identificación

SELECTOR DE MARCACIONES O DE RADIALES (OBS) OMNI BEARING SE-

LECTOR, COURSE SELECTOR).

En este selector se puede fijar cualquiera de los 360 radiales de la estación VOR sintonizada como se ilustra en la Figura No. 82. Girando el botón marcado "OBS", se hace aparecer en la ventana "course" un valor comprendido entre 000 y 360; en la Figura No. 82 aparece 225.

Selección de un Radial.

Supongamos que se desea seleccionar el radial 262° del VOR de Querétaro. Se hace lo siguiente:

- 1) Se sintoniza e identifica la estación.
- 2) Se gira el botón "OBS" hasta que en la ventana "course" aparezca 262 y en el indicador de sentido la palabra "From". (Figura No. 83).

INDICADOR DE DESVIACION (CDI) (Course Deviation Indicator).

Después de que el piloto selecciona una marcación en el selector (OBS), la posición relativa del avión con respecto a la marcación magnética seleccionada es indicado por una aguja en la carátula del indicador de desviación (CDI). Si la aguja está centrada, el avión está sobre la marcación magnética seleccionada (Figura No. 84). Esto puede suceder solo momentáneamente si el avión está cruzando la marcación.

Para mayor seguridad en la operación, hay una bandera de alarma con la palabra "OFF" que aparecerá en la parte inferior de la carátula cuando el sistema este fuera de operación.

35. Si una estación VOR no es identificada, puede haberse sintonizado otra equivocadamente. Es imperativo para fines de seguridad que cada estación sea _____ después de sintonizarse y _____

Identificada

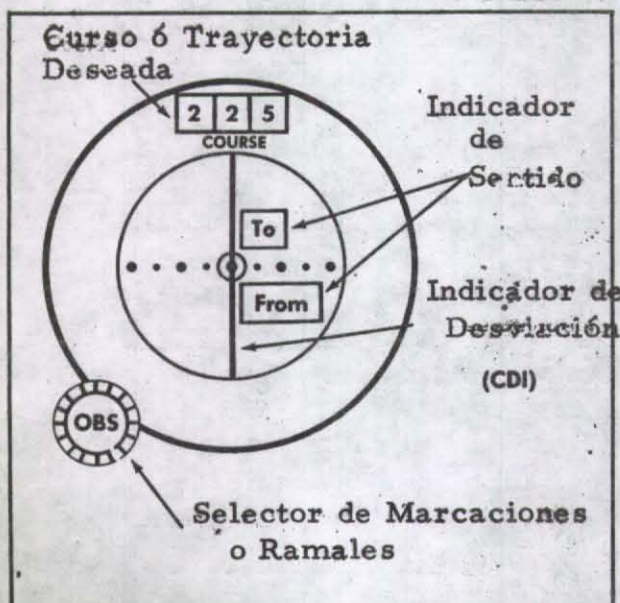


FIGURA No. 82

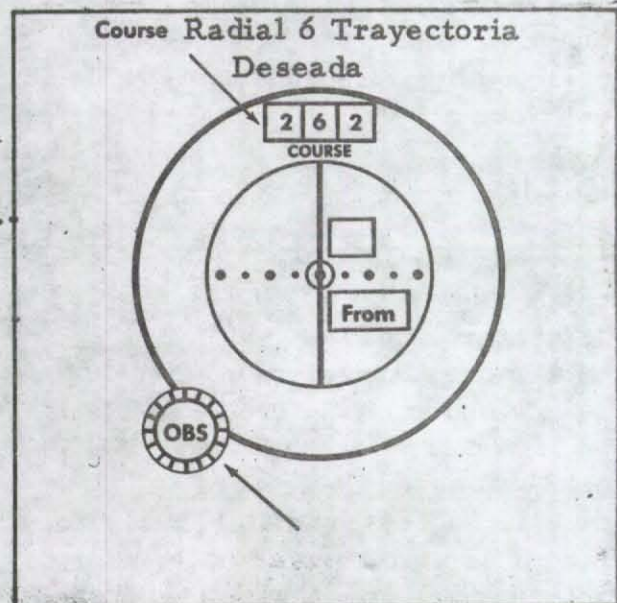


FIGURA No. 83

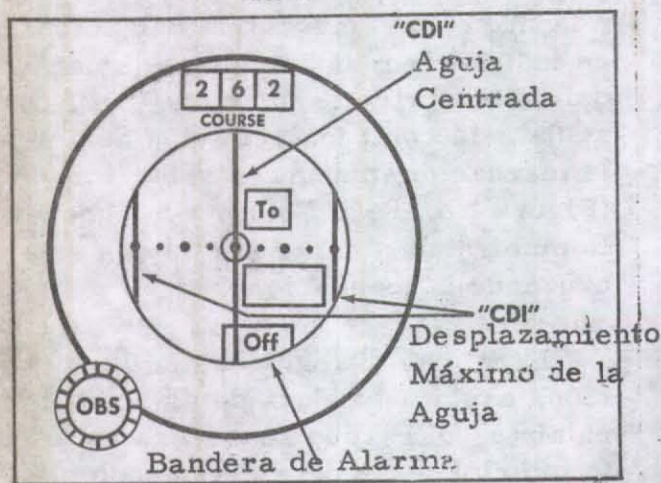


FIGURA No. 84

antes de empezar a usarla para fines de navegación.

36. El selector de marcaciones magnéticas se usa para seleccionar radiales de un VOR para propósitos de navegación. El piloto puede seleccionar cualquier valor entre 000° y 360° con el _____

(OBS).

Selector de
Marca-
ciones

37. La aguja vertical del indicador de desviación (CDI) se centra cuando el avión está sobre la marcación seleccionada que aparece en la ventana del "OBS"; el piloto puede decir cuando está sobre el radial seleccionado tomando como referencia la aguja vertical del _____

Indica-
dor de
Desvia-
ción

38. Una bandera de alarma previene al piloto cuando la aguja vertical está fuera de operación. Para estar seguro de que las indicaciones de la aguja son correctas, la bandera de alarma debe estar _____ de la carátula.

Fuera
(Oculta)

39. La aguja vertical del indicador de desviación tiene desplazamientos hacia la derecha o hacia la izquierda según como se encuentre el avión con respecto al valor seleccionado en el selector de marcaciones. Si el avión está aproximado a un rumbo próximo al radial seleccionado, pero ese radial está a su izquierda, la aguja del indicador estará a la _____ del centro de la carátula.

Izquier-
da

40. Si en el selector de marcaciones "OBS" se pone un valor igual al rumbo magnético del avión, la aguja vertical indicará si el radial seleccionado está a la izquierda o a la derecha del avión, o si el avión está sobre el radial. Cuando el radial está a la derecha del avión, la aguja se irá a la _____ del centro.

Derecha

41. Cuando el radial seleccionado está a la izquierda del avión, la aguja estará a la _____ del centro.

Izquier-
da

42. Cuando la posición del avión está sobre el radial seleccionado, entonces la aguja estará _____ Centrada

43. Cuando el rumbo del avión es recíproco al radial seleccionado en el OBS, el piloto debe volar en dirección opuesta a la indicación de la aguja para interceptar el radial deseado. Es decir, que en estas condiciones las indicaciones de la aguja son inversas. En condiciones de indicación inversa de la aguja del CDI, se debe virar _____

_____ de la indicación de la aguja, a fin de interceptar el radial deseado. Hacia el lado Contrario

44. Las indicaciones inversas de la aguja del CDI signi-

fican que cuando el avión está a la derecha del radial seleccionado la aguja estará a la _____ del centro. Derecha

45. Si el avión está a la izquierda, la aguja estará a la _____ del centro. Izquierda

46. Cuando en general el avión está arrumbado sensiblemente a la misma dirección que la marcación seleccionada, para interceptar dicha marcación se virará hacia _____ La dirección en -

_____ que indique la aguja del CDI; pero si el rumbo del avión es sensiblemente recíproco, se virará en _____ a la indicación de la aguja. dirección contraria

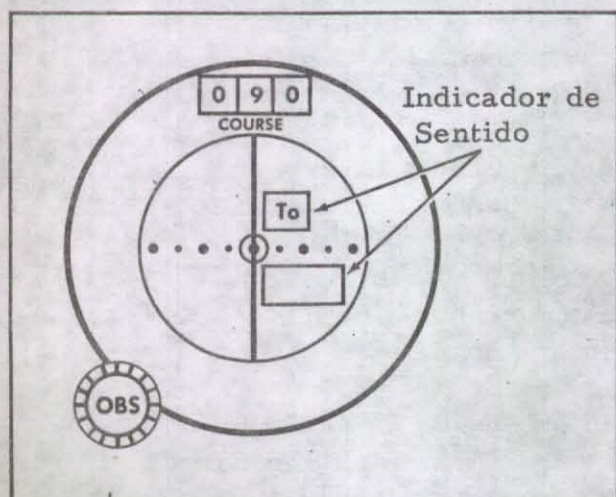


FIGURA No. 85

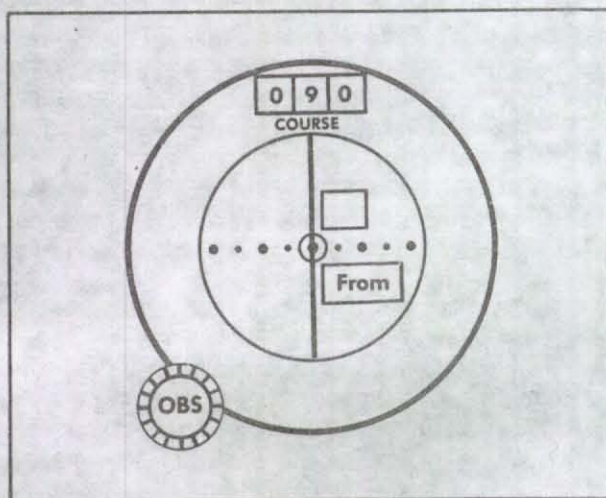


FIGURA No. 86

INDICADOR DE SENTIDO (TO-FROM-INDICATOR).

El indicador de sentido del receptor VOR, indica al piloto si el valor seleccionado en el OBS es una marcación desde (FROM) la estación transmisora, o hacia (TO) la estación transmisora, indica el sentido del valor seleccionado. Podemos decir que, cuando indica FROM, el valor en el OBS es un radial (QDR) (DIRECCION MAGNETICA A PARTIR DE LA ESTACION) y cuando indica TO, el valor en el OBS es una marcación magnética HACIA LA ESTACION (QDM).

EL INDICADOR DE DESVIACION NO TIENE NINGUNA RELACION CON EL RUMBO DEL AVION.

Si como se ve en la Figura No. 85, en el indicador de sentido se lee TO, cuando se ha seleccionado en el OBS 090°; esto indica que la estación sintonizada está en la dirección 090° relativa a la posición del avión cuando la aguja del CDI está centrada y si se desea llegar a la estación se debe volar al rumbo magnético 090°.

Refiriéndonos ahora a la Figura No. 86, vemos seleccionado 090° en el OBS y con el indicador de sentido en FROM con la aguja del CDI centrada; esto le indica al piloto que la posición del avión está en dirección 090° DESDE la estación, o bien que el avión está sobre el radial 090° y que si desea ir a la estación tendrá que volar al rumbo magnético 270°.

SIEMPRE QUE SE LEA "TO", LA MARCACION SELECCIONADA ES DEL AVION A LA ESTACION.

SIEMPRE QUE SE LEA "FROM", LA MARCACION SELECCIONADA ES

DE LA ESTACION A LA POSICION DEL AVION.

También se puede visualizar el uso del indicador de sentido, si imaginamos una línea de marcación que cruce una estación, si nos acercamos por dicha línea a la estación, en el indicador se leerá TO, pero una vez que se pasa la estación siguiendo la misma línea, se leerá FROM.

Recuérdese que las indicaciones TO FROM no tienen relación con el rumbo, indica solamente el sentido de la marcación magnética.

47. El indicador de sentido del receptor VOR indica si la marcación seleccionada es _____ (To)(QDM) ó _____ Desde la estación sintonizada. (FROM) (QDR)
48. El indicador de sentido no indica si el rumbo del avión es hacia o desde la _____ Estación
49. Si al seleccionar en el OBS 270° la aguja del CDI se centra y el indicador de sentido marca TO, el avión está al _____ de la estación sintonizada. Este
50. De acuerdo a lo señalado en el punto anterior, si se desea llegar a la estación, será necesario tomar un rumbo magnético de _____ (sin viento). 270°
51. Si en el OBS se selecciona 090° y la aguja del CDI se centra con el indicador de sentido en FROM, el

avión está al _____
de la estación sintonizada.

Este

52. En las condiciones anteriores, para volar a la estación en condiciones de cero viento, el rumbo magnético será de _____.

270°

53. Si cualquier valor seleccionado en el OBS hace que el indicador de sentido marque TO, el sentido de la marcación seleccionada será _____ la estación (QDM).

Hacia
(TO)

54. Si el sentido de la marcación es desde la estación hacia la posición del avión, esta marcación, si está correctamente seleccionada, será indicada como _____

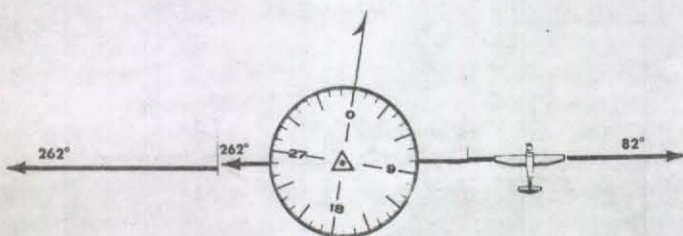
en el indicador de sentido (radial).

Desde
(FROM)

55. En la situación indicada en el siguiente diagrama:

Con el selector de marcaciones puesto en 262° y la aguja del indicador de desviación centrada en el indicador de sentido debe leerse _____.

TO



56. En la situación anterior, si en el selector de marcaciones se hubiera puesto 082° en el indicador de sentido se leería _____

FROM

INTERPRETACION DEL INDICADOR DE DESVIACION (CDI).

El indicador de desviación (Course Deviation Indicator) es esencialmente una aguja que puede desplazarse dentro de una carátula y que se centra cuando la posición del avión coincide con la marcación seleccionada en el selector de marcaciones.

El desplazamiento total de la aguja hacia uno u otro lado sucede cuando el avión está 10°, o más fuera de la marcación seleccionada. La aguja se desplaza del centro hacia uno u otro lado denotando un desplazamiento proporcional del avión desde la marcación seleccionada de 0° a 10°.

Por ejemplo: Si el aeroplano está 5° fuera de la marcación seleccionada, la aguja estará a la mitad de la distancia entre el centro y el extremo de la carátula. Usualmente la carátula de este instrumento tiene dos o cuatro puntos (. . . .) dispuestos a cada lado del centro. Figura No. 87. Si consta sólo de dos puntos, cada uno representa desplazamientos de 5°; en el caso de existir cuatro puntos, el desplazamiento de la aguja a cada punto representa 2.5° fuera de la marcación seleccionada.

Debe imaginarse al avión en el centro de la carátula para interpretar las indicaciones de la aguja.

Usando nuevamente el VOR de Querétaro, vemos en la Figura No. 88, la marcación 262° trazada de tal manera que la estación queda aproximadamente

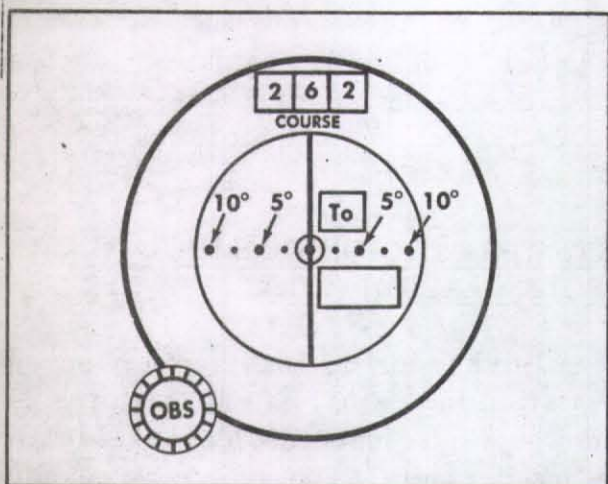


FIGURA No. 87

en el centro de la línea que representa la marcación; al lado izquierdo, al Oeste de la estación, la marcación 262 será desde la estación "FROM" y al lado derecho, al Este de la estación, la marcación 262 será hacia la estación "TO".

Los aviones están representados en seis diferentes posiciones y rumbos, tres al Oeste de la estación y tres al Este de ella, designados con las letras: A, B, C, D, E, F, en la misma Figura No. 88. Aunque los rumbos son diferentes, todos los aviones están en la misma marcación seleccionada, o momentáneamente interceptándola.

En la Figura No. 89, el instrumento de la izquierda representa el Indicador de Desviación, el Selector de Marcaciones y el Indicador de Sentido correspondiente a los aviones A, B y C. Como se ve en la indicación del instrumento, sin importar el rumbo del avión, todos tienen la aguja del indicador de desviación centrada y el indicador de sentido en FROM. Todos están en la misma línea de posición representada por la dirección magnética de 262° desde la estación QET.

El instrumento del lado derecho de la misma Figura No. 89, corresponde a los aviones D, E y F. En este caso también la aguja del CDI está centrada, pero el indicador de sentido marca "TO". Esto indica que en ese momento los tres aviones están sobre la línea de posición representada por la dirección magnética 262° , pero hacia la estación.

Si en la Figura No. 88 designáramos la línea trazada por su valor recíproco, es decir, 082° y en los selectores de marcaciones de la figura pusieramos este valor de 082° , en el instrumento de la izquierda se leería TO y en el de la derecha FROM.

EL INDICADOR DE DESVIACION CON -

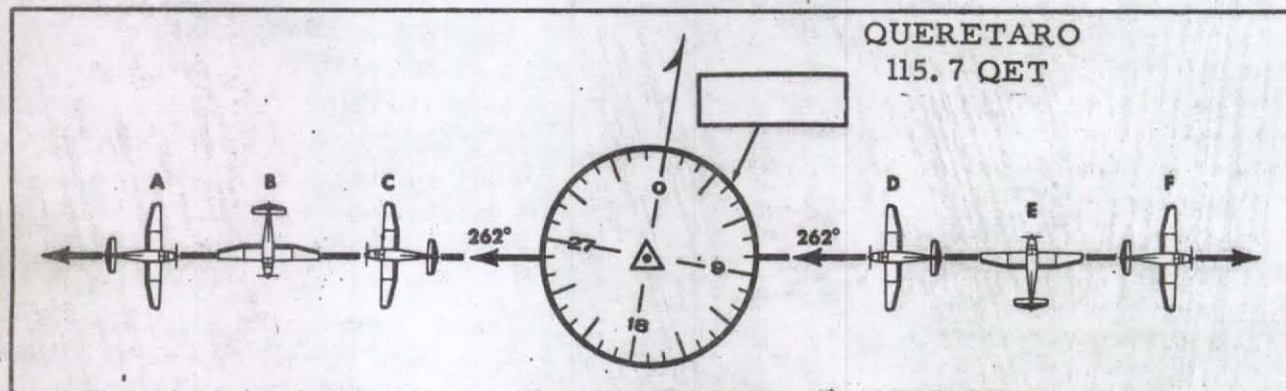


FIGURA No. 88

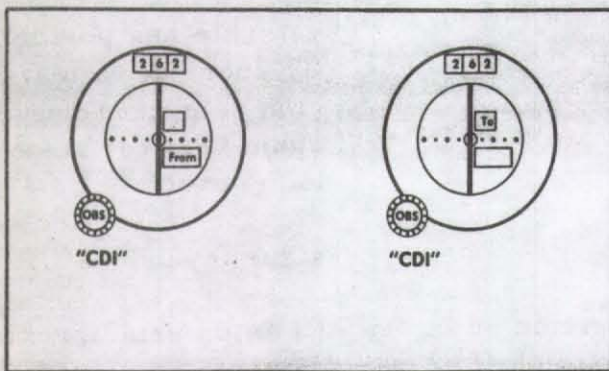


FIGURA No. 89

RELACION AL INDICADOR DE SENTIDO-- DO.

La relación entre los dos indicadores (CDI y TO-FROM) se explica a través de una serie de posiciones de diferentes aviones empezando por las mostradas en la Figura No. 90. El avión de esta figura pasa por tres posiciones diferentes, (1, 2, 3) con el selector de marcaciones en 280° y el indicador de sentido en TO. Como el rumbo del avión

es sensiblemente hacia la estación y el indicador de sentido marca TO (hacia), las indicaciones de la aguja serán directas.

Avión en la Posición (1):

La aguja vertical del indicador de desviación - (CDI) está totalmente desplazada hacia la izquierda.

Avión en la Posición (2):

El instrumento no marca cambio, el avión está en una posición que difiere 10° de la marcación seleccionada y puesto que la aguja está hacia la izquierda, se debe virar hacia ese lado para interceptar la marcación deseada.

Avión en la Posición (3):

Aquí el avión ha interceptado la marcación seleccionada, por tanto la aguja estará centrada sin que las otras

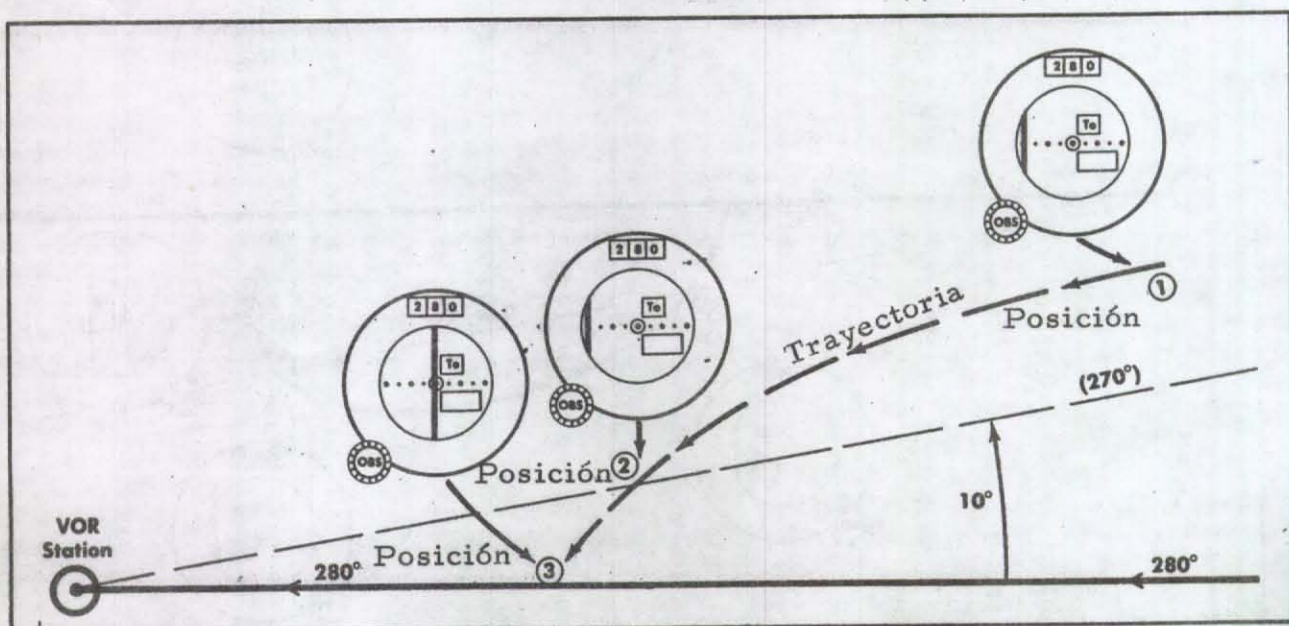


FIGURA No. 90

indicaciones cambien.

La explicación se continúa ahora en la Figura No. 91. Aquí la trayectoria se sigue sin interrumpir el viraje para regresar a la marcación que se ha cruzado y finalmente volar hacia la estación. Nótese que durante el segmento de vuelo alejándose de la estación, el rumbo del avión es opuesto a la marcación seleccionada, por tanto en este tramo las indicaciones de la aguja son inversas.

Avión en la Posición (4): El avión está en una posición 10° fuera de la marcación seleccionada con un rumbo opuesto a ella y la aguja totalmente a la derecha, por dar indicaciones inversas, ya que tiene TO y se está alejando.

Avión en la Posición (5): La trayectoria del avión ha alcanzado nue

vamente una posición -10° fuera de la marcación seleccionada y la aguja vertical sigue del lado derecho. En el indicador de sentido se sigue leyendo TO.

Avión en la Posición (6):

El avión está aproximadamente 5° fuera de la marcación seleccionada; la aguja del CDI está alrededor de la parte media entre el centro y el extremo derecho, en el indicador de sentido se sigue leyendo TO. (Son indicaciones inversas cuando se aleja con TO ó se aproxima con FROM, diferencias mayores de -90° entre sí).

Avión en la Posición (7): El avión ha interceptado

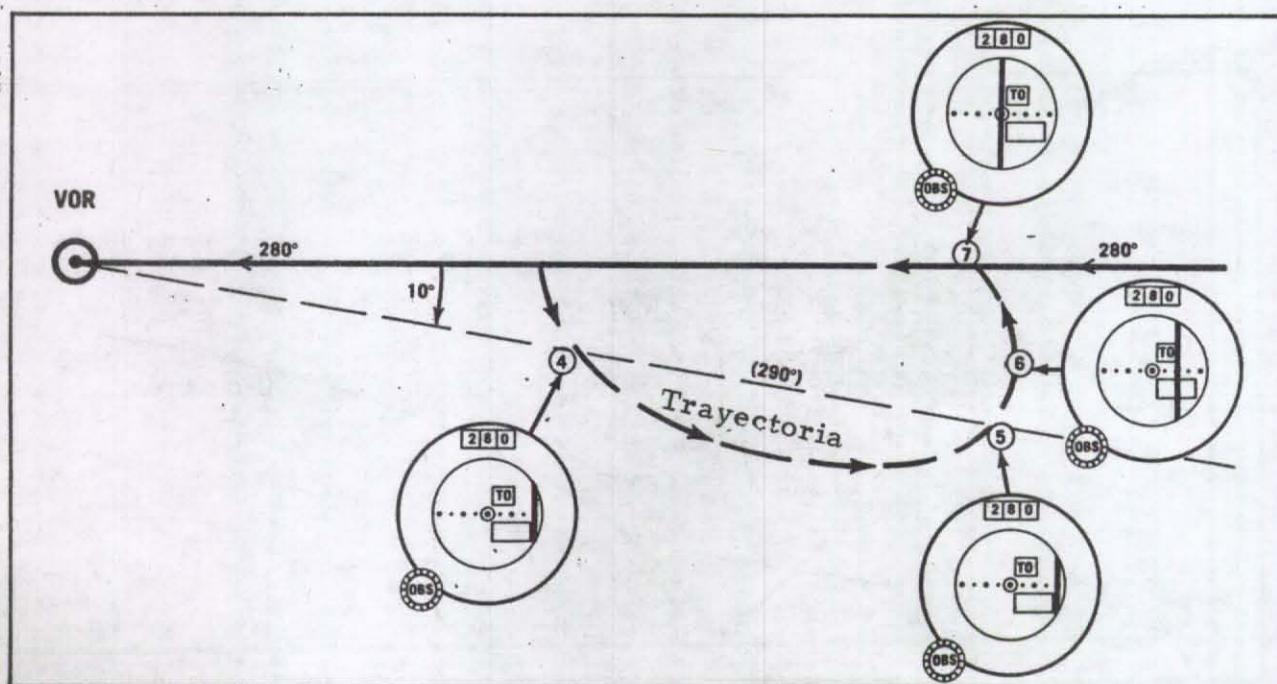


FIGURA No. 91

Posición (7): la marcación seleccionada HACIA la estación; el rumbo corresponde aproximadamente a la marcación; la aguja del CDI está centrada y el indicador de sentido marca TO (HACIA).

en la misma forma que en la posición (1).

Avión en la Posición (3): El avión ha interceptado el radial 300°, la aguja del CDI está centrada; las otras indicaciones son las mismas.

POSICION DEL AVION E INDICACION DE LOS INSTRUMENTOS USANDO RADIALES.

En el ejemplo siguiente se usarán radiales y no marcaciones hacia la estación como en el anterior. Seguiremos la secuencia gráfica ilustrada en la Figura No. 92. Se notará que el avión en la posición (1) está a un rumbo que lo aleja de la estación igual que el radial seleccionado 300° que se ha trazado desde la estación VOR.

Avión en la Posición (4): El avión ha cambiado a un rumbo del cuadrante opuesto al radial 300°; por tanto la aguja del CDI se ha desplazado a la derecha y sus indicaciones son ahora inversas, por ser el rumbo sensiblemente opuesto al radial seleccionado. La aguja está totalmente a la derecha, porque el avión está a 10° fuera del radial.

Avión en la Posición (1): El avión está a más de 10° del radial seleccionado 300°. El seleccionado está a la izquierda del avión (indicación directa). El indicador de sentido marca FROM porque el valor 300° seleccionado es radial (desde la estación).

Avión en la Posición (5): Los instrumentos indican lo mismo que en la posición (4). El avión está a más de 10° fuera del radial, por tanto la aguja está totalmente a la derecha con indicación inversa.

PASO SOBRE LA ESTACION.

Avión en la Posición (2): El avión está a 10° del radial seleccionado y los instrumentos están

Las indicaciones que denotan el paso del avión sobre la estación VOR sintonizada, son generalmente los siguientes:

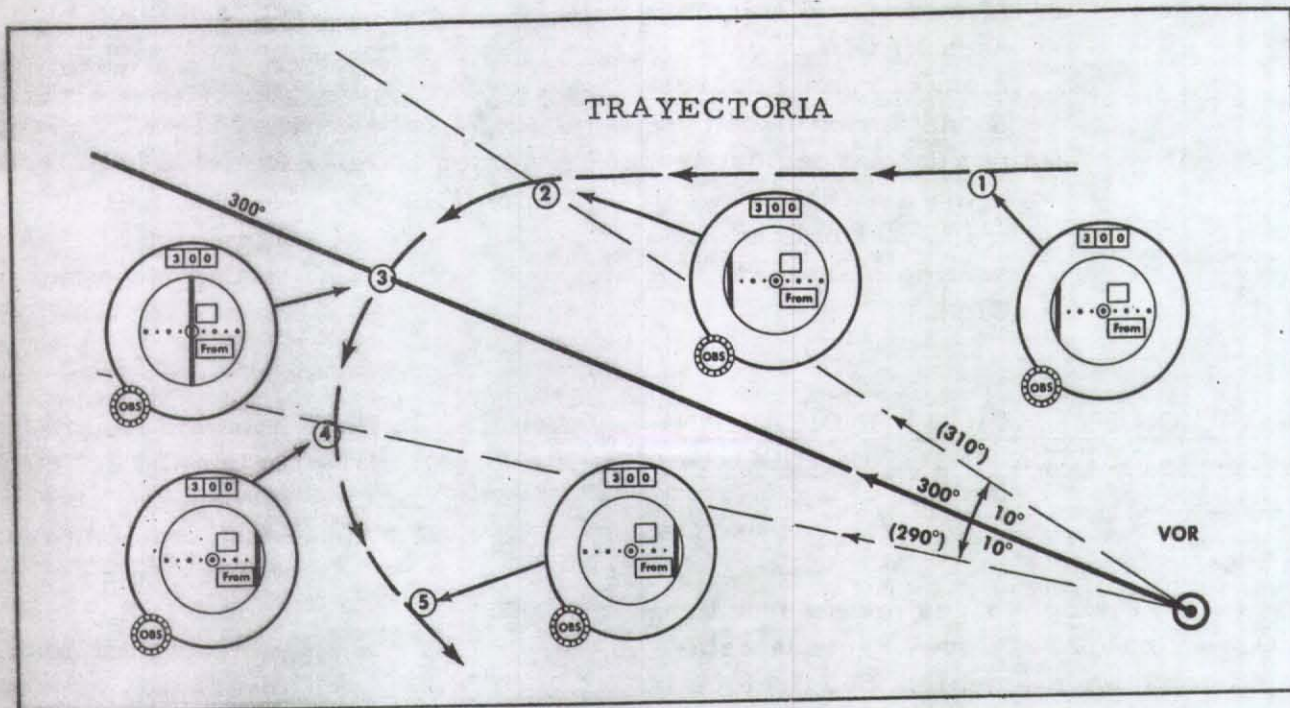


FIGURA No. 92

- La aguja vertical del CDI fluctúa de uno a otro lado y regresa a su posición original, (asumiendo que no ha habido cambio en la marcación seleccionada).
- El indicador de sentido cambia a lectura contraria, de TO a FROM, asumiendo que no se ha hecho ningún cambio en el selector de marcaciones.

En la Figura No. 93, se ilustran dos ejemplos de paso sobre la estación. Las posiciones 1 y 2 muestran una aeronave que pasa exactamente sobre la estación y las posiciones 3 y 4 el paso a través de la estación y no exactamente sobre ella.

Avión en las Posiciones (1) y (2) Cuando el avión está en la posición (1), "en ruta", se ha seleccionado la marcación 060° ha-

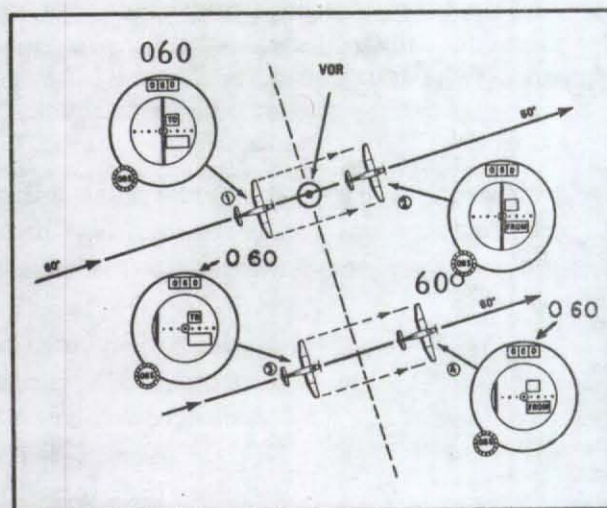


FIGURA No. 93

cia la estación; la aguja del CDI está centrada y el indicador de sentido marca "TO". Al aproximarse a la estación y estar sobre ella, la aguja del CDI fluctuará de uno a otro lado hasta que después

de haber pasado la estación se vuelve a centrar; cuando la aguja se centra la lectura del indicador de sentido habrá cambiado a FROM; indicando que ahora la marcación seleccionada 060° es DESDE la estación.

Avión en las Posiciones (3) y (4): Este ejemplo representa el paso de un avión a través de la misma estación y no sobre ella.

En la posición (3) se ha seleccionado una marcación de 060°; el avión se encuentra a la derecha de la estación, la aguja del CDI está totalmente a la izquierda y en el indicador de sentido se lee TO. Cuando se pasa el través, la aguja fluctúa de uno a otro lado y al haber pasado se vuelve a fijar; el indicador de sentido cambia su lectura de TO a FROM.

57. Puesto que las indicaciones visuales del receptor-VOR instalado a bordo no requieren el uso del control de volumen, este control sólo se usa para regular el volumen con que se escucha la identificación codificada y las _____ Comunicaciones a Voz

58. El piloto puede identificar positivamente una estación VOR, sintonizándola-

y escuchando _____
codificada, o a voz.

La Identificación

59. El piloto puede seleccionar cualquier marcación de las 360 que se consideren alrededor de un VOR, usando el _____

Selector de Marcaciones (OBS)

60. El procedimiento para sintonizar e identificar una estación VOR, es el siguiente:

1o. Poner el interruptor del panel en la posición _____.

2o. Determinar la frecuencia y la identificación de la estación que se publica en _____

3o. Girar el botón del selector de frecuencias hasta que en la ventana correspondiente aparezca la _____.

4o. Usar el control de volumen de tal manera que se escuche claramente la _____.

5o. Se puede _____ positivamente la estación por medio de la _____ transmitida en Código Morse, o a voz.

- 1o. "ON"
- 2o. Cartas Jepco,
Cartas RF,
J-AID,
Air Guide, etc.
- 3o. Frecuencia
- 4o. Identificación
- 5o. Identificar
Identificación

61. En las cartas de ruta Jeppesen (Jeppesen Aviation Enroute Charts), los nombres de las estaciones VOR, sus frecuencias e identificaciones aparecen en un pequeño rectángulo que se encuentra junto a la _____ Estación VOR

62. Después de haber seleccionado una marcación en el OBS y cuando el avión está sobre esa marcación o radial seleccionado, la aguja vertical del indicador de desviación (CDI), deberá estar _____ Centrada

63. Para localizar la posición del avión relativa a la estación, se gira el selector de marcaciones (OBS) hasta que la aguja esté _____. La lectura en el selector de marcaciones indicará la línea de posición en que se encuentra el avión; si esa línea es de la estación hacia el avión, (radial) en el indicador de sentido aparecerá la palabra _____ "FROM"

64. El desplazamiento total de la aguja del CDI hacia uno

u otro lado del centro, indica que el avión está desplazado _____ grados o más hacia un lado de la marcación seleccionada.

10

65. Si un avión está desplazado, "fuera de ruta", 5° con relación a la estación y a la marcación seleccionada, la aguja del CDI, estará a la _____ de la distancia entre el centro de la carátula y a uno de los extremos. Mitad

66. Dos aviones, uno al Este y el otro al Oeste de la misma estación, la han sintonizado y seleccionado la misma marcación de 090°.

a) La aguja del CDI del avión que está al Este se encontrará _____ Centrada

b) La aguja del CDI del avión que está al Oeste se encontrará _____ Centrada

67. En el caso de la pregunta anterior, los dos aviones vuelan al rumbo magnético 090°.

a) En el indicador de sentido del avión que está al Este, se leerá _____ "FROM"

b) En el indicador de sentido del avión que está al Oeste, se leerá _____

"TO"

68. En el siguiente diagrama, coloque usted la lectura - correcta de los instrumen-
tos para las posiciones (1),

(2) y (3). (Selector de mar-
caciones, posición de la -
aguja vertical e indicador-
de sentido, "TO" o "FROM").

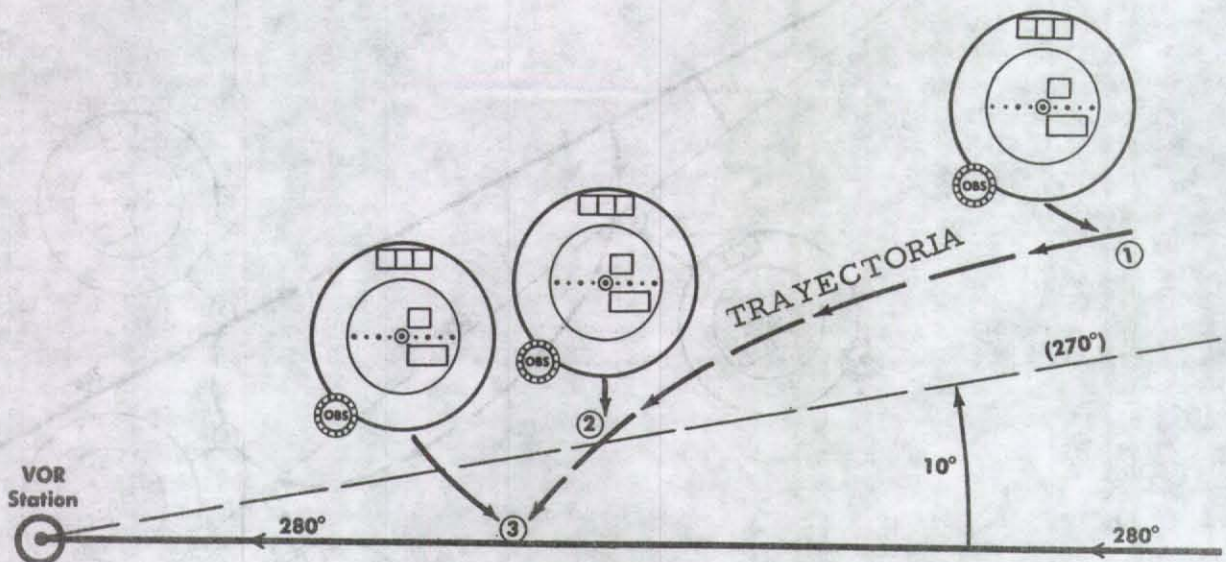
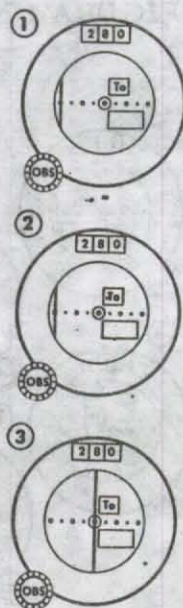


FIGURA No. 94

RESPUESTA 68



69. En el diagrama siguiente, las lecturas de los instrumentos para las posiciones

nes (4), (5), (6) y (7) - (OBS, CDI, TO-FROM).

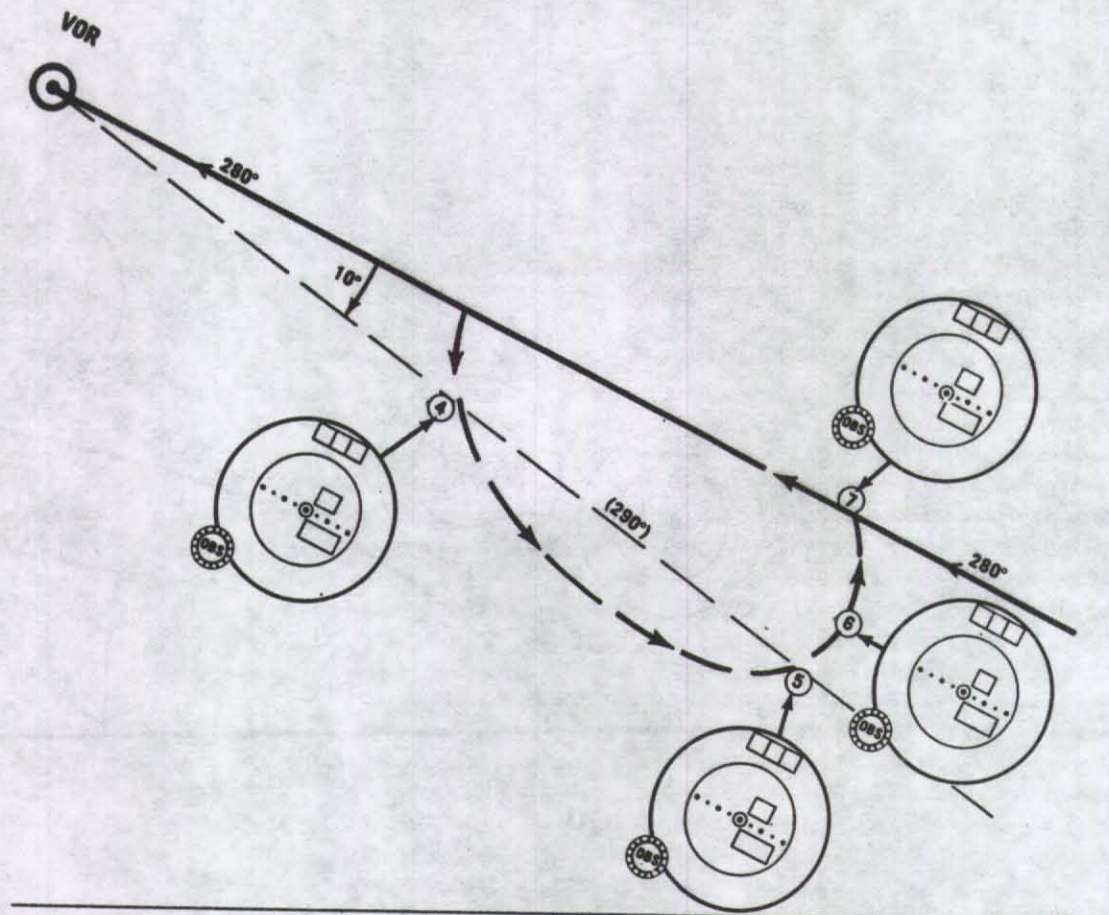
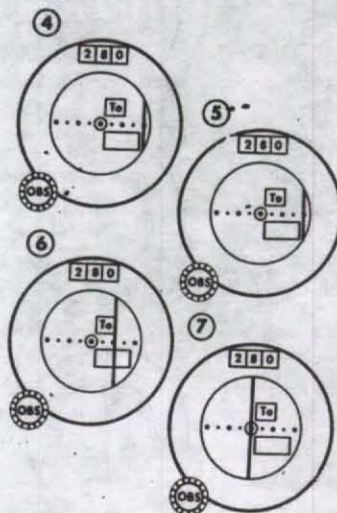


FIGURA No. 95

RESPUESTA 69



70. En el siguiente diagrama, la lectura de los instru-

mentos para las posiciones (1), (2) y (3) (OBS, CDI, TO-FROM).

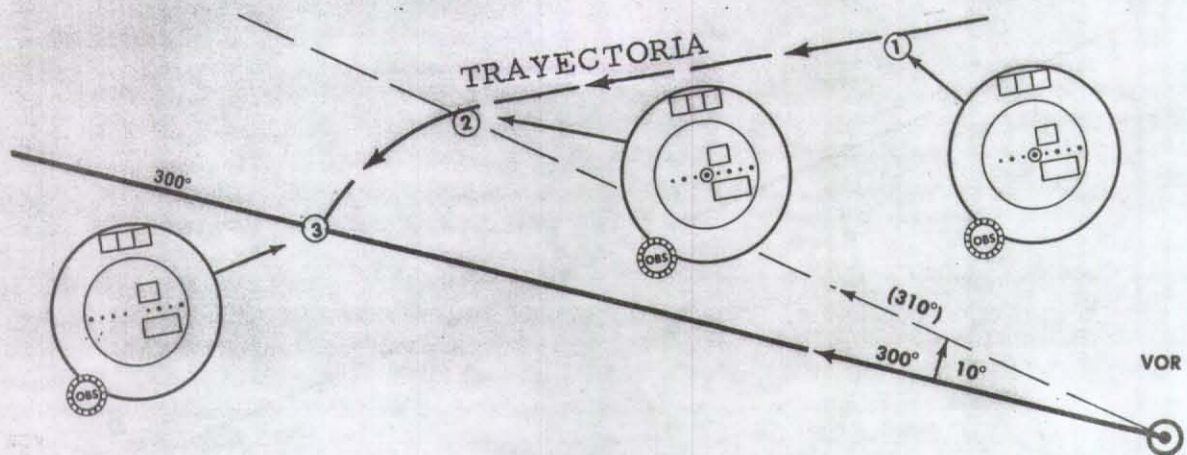
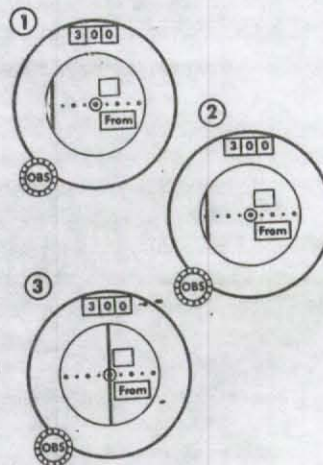


FIGURA No. 96

RESPUESTA 70



71. En el siguiente diagrama, las lecturas de los instrumentos para las posiciones (4) y (5).

nes (4) y (5). (OBS, CDI, TO-FROM).

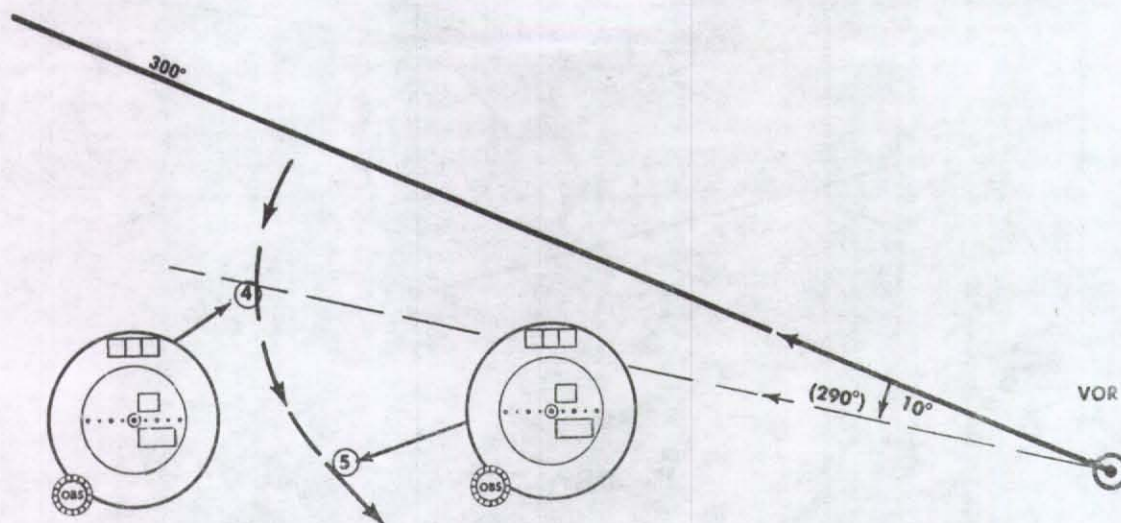
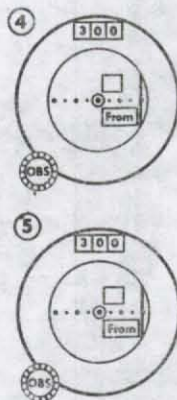


FIGURA No. 97

RESPUESTA 71



72. En el siguiente diagrama, las indicaciones de los instrumentos: en la posición (1), antes de pasar sobre la estación.

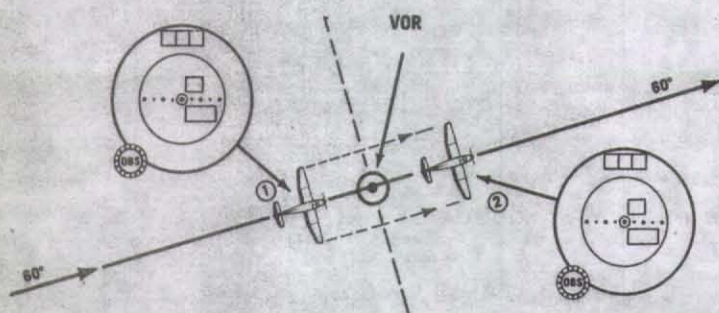


FIGURA No. 98

73. En el siguiente diagrama las lecturas de los instrumentos para las posiciones (3) antes de pasar el través de la estación y (4) después de haber pasado el través.

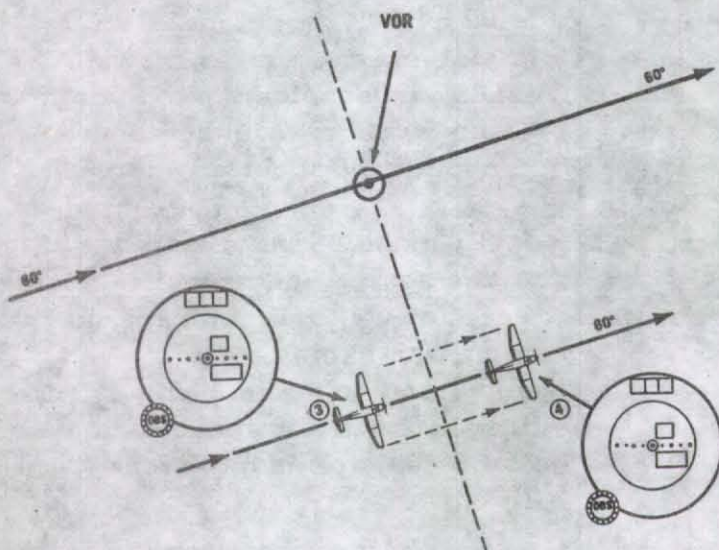
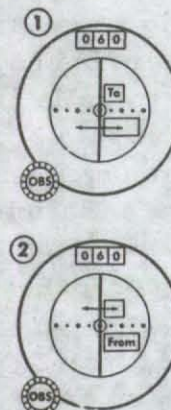


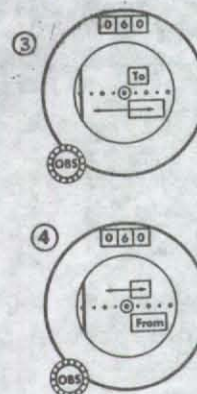
FIGURA No. 99

la estación, y en la posición (2) después de haber pasado sobre la estación. (OBS, CDI, TO-FROM).



RESPUESTA

nes: (3) antes de pasar el través de la estación y (4) después de haber pasado el través.



RESPUESTA

POSICIONES VOR (FIX).

Usando dos estaciones VOR para obtener una posición (FIX), primero se sintonizan e identifican las estaciones. Con el selector de marcaciones (OBS), se hace que la aguja del indicador de desviación (CDI) se centre cuando el indicador de sentido marque FROM. Si en el avión sólo se cuenta con un solo receptor VOR, primero se sintoniza una estación, se traza la línea de posición y se sigue el mismo procedimiento para la otra estación. La posición del avión se encuentra en la intersección de las dos líneas de posición trazadas desde las estaciones correspondientes. Figura No. 100.

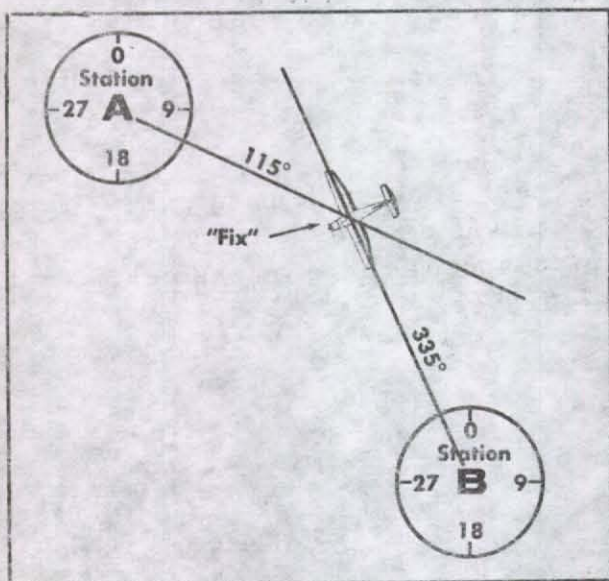


FIGURA No. 100

74. Para usar estaciones VOR y establecer una posición con marcaciones DESDE las estaciones, cada estación debe ser sintonizada e _____

Identificada

75. La aguja del indicador de desviación (CDI) debe estar _____ Centrada
76. Con la aguja del CDI centrada, en el indicador de sentido debe leerse _____ "FROM"
77. Con la aguja centrada y el indicador de sentido en FROM, se tendrá en el selector de marcaciones el valor de la _____ desde la estación, o sea el radial en que se encuentra el avión. Marca ción Magnética
78. Después de tomar una marcación a la segunda estación, la posición del avión se localizará donde las dos marcaciones se _____ (Figura No. 100). Intercepten

INDICADOR RADIO MAGNETICO (RMI).

El indicador radio magnético (Figura No. 101) tiene una carátula graduada de 0° a 360° conectada eléctricamente a un sistema de brújula magnética estabilizada giroscópicamente, por lo que siempre frente al índice podrá leerse el rumbo magnético a que se vuela.

El modelo que muestra la figura tiene dos agujas, una sencilla acoplada al receptor VOR que indicará marcación magnética hacia la estación VOR sintonizada y una doble acoplada al ADF que indicará marcación magnética a la estación de baja o media frecuencia (L/MF) sintonizada.

La Figura No. 102 explica las indicaciones en la carátula de un modelo de RMI:

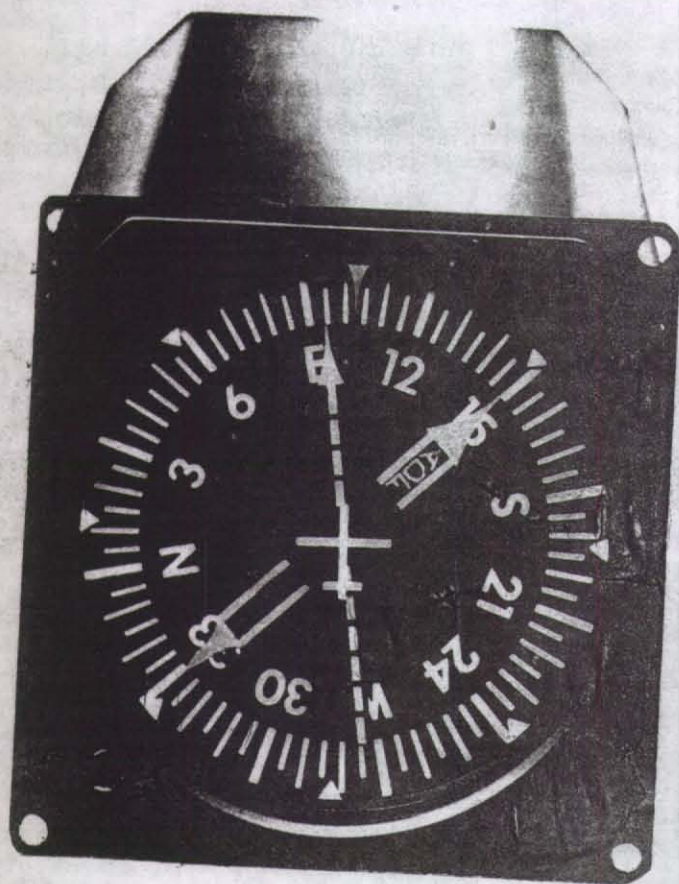


FIGURA No. 101

- 1) Rumbo magnético del avión frente al índice.
- 2) Aguja del VOR.
- 3) Aguja del ADF.
- 4) Aeroplano correspondiente al índice.
- 5) Rosa graduada acoplada a la brújula estabilizada giroscópicamente.
- 6) Lectura del radial de la estación VOR sintonizada.
- 7) Lectura del radial de la estación L/MF sintonizada.
- 8) Marcas de referencia cada 45°.

La marcación continua tomada con ADF proporciona una observación constante del progreso a lo largo de la línea de vuelo en relación a la estación L/MF, o comercial sintonizada. (Figura No.103)

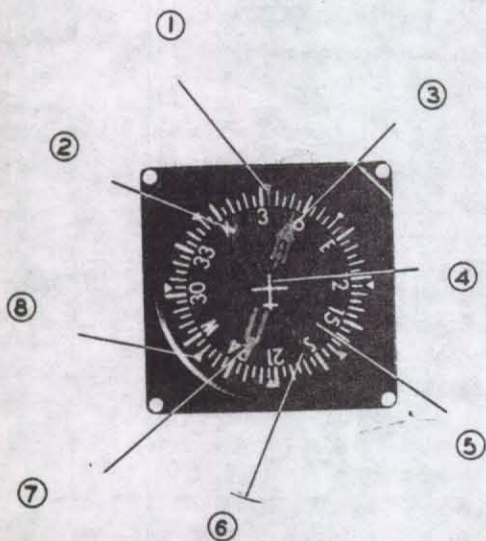


FIGURA No. 102

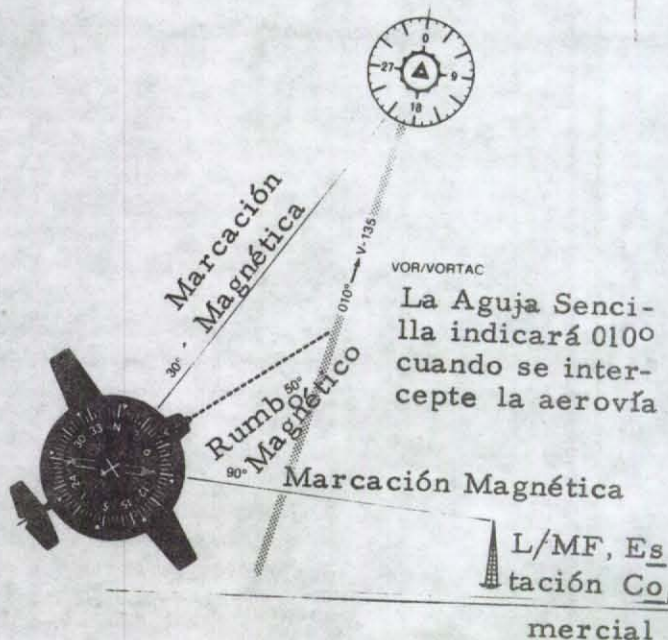


FIGURA No. 103

Cuando el ADF se sintoniza a una radiobaliza de compás en una aproximación a ILS, se puede observar el progreso para establecerse en la trayectoria del localizador conforme la aguja del ADF se mueve hacia el valor de esta trayectoria. (Figura No. 104).

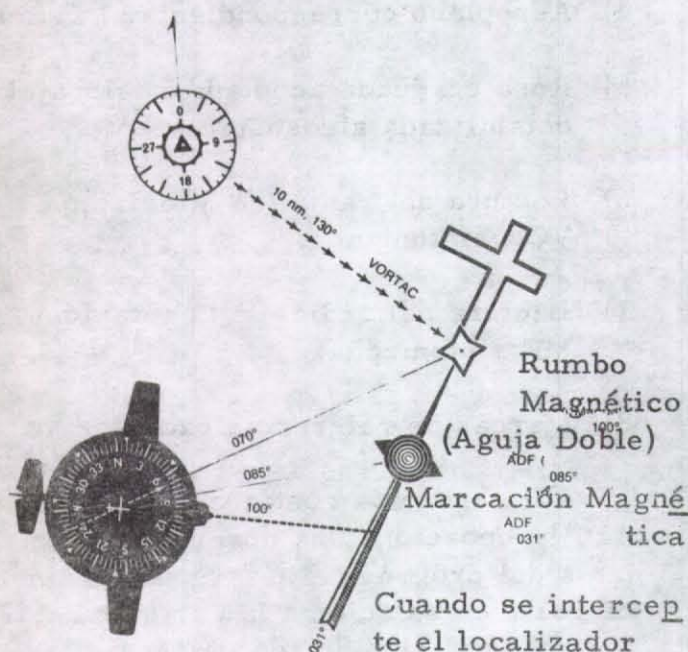


FIGURA No. 104

En la Figura No. 105, puede verse la forma de reportar una posición referida a radial 330° (QDR) del VOR sintonizado y 235° (QDM) de la estación L/MF.

EQUIPO MEDIDOR DE DISTANCIAS (DME).

Disponiendo de este equipo no es necesario cruzar dos o más líneas de posición para obtener la posición actual de la aeronave. El DME mide la distancia desde la estación en tierra hasta el avión y da el valor de esta distancia en un indicador. Si la distancia y la marcación a una estación son conocidas, se podrá fijar con toda exactitud la posición de la aeronave con relación a la estación.

El DME opera basado en la medida de la diferencia de tiempo entre la emisión y la recepción de un pulso de radio frecuencia. Desde la aeronave se transmite un pulso "interrogador" hacia un receptor transmisor en tierra, el cual emite a su vez un pulso "respondedor" hacia la aeronave. La velocidad a que viajan los pulsos es conocida; por tanto si-

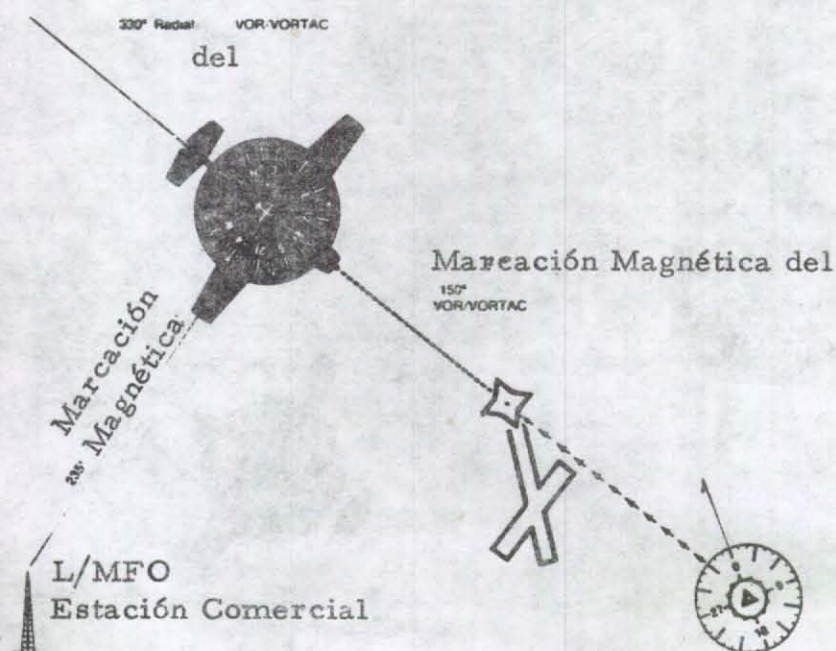


FIGURA No. 105

se mide el tiempo transcurrido entre la emisión hecha desde la aeronave y la recepción del pulso proveniente del respondedor, la distancia de la aeronave a la estación respondedora será igual a la velocidad de propagación multiplicada por la diferencia de tiempo medido.

La parte del receptor relativa a distancia a la estación, mide en realidad el intervalo de tiempo transcurrido entre la emisión de una señal del "interrogador" a bordo y la recepción de la señal emitida por el "respondedor" de tierra y convierte el tiempo en distancia.

El equipo medidor de distancias (DME), opera a ultra altas frecuencias, pero a menudo está asociado a una estación VOR y entonces al sintonizar en el equipo VHF de a bordo la frecuencia del VOR respectivo, queda automáticamente sintonizado el equipo DME, obteniéndose simultáneamente la marcación y la distancia.

La mayor parte de los equipos receptores presentan en una sola carátula indicadora toda la información pertinente; la Figura No. 106, muestra un tipo de instrumento con estas características:

- 1) Ventana de distancia (145 millas náuticas).
- 2) Velocidad absoluta (Groundspeed), o tiempo a la estación.
- 3) Botón selector de velocidad absoluta o distancia a la estación.
- 4) Aguja indicadora del ADF/RMI.
- 5) Marca de rumbo magnético seleccionado.
- 6) Selector e indicador del ADF/RMI.
- 7) Botón selector de rumbo.
- 8) Barra indicadora de desviación (VOR-LOC).

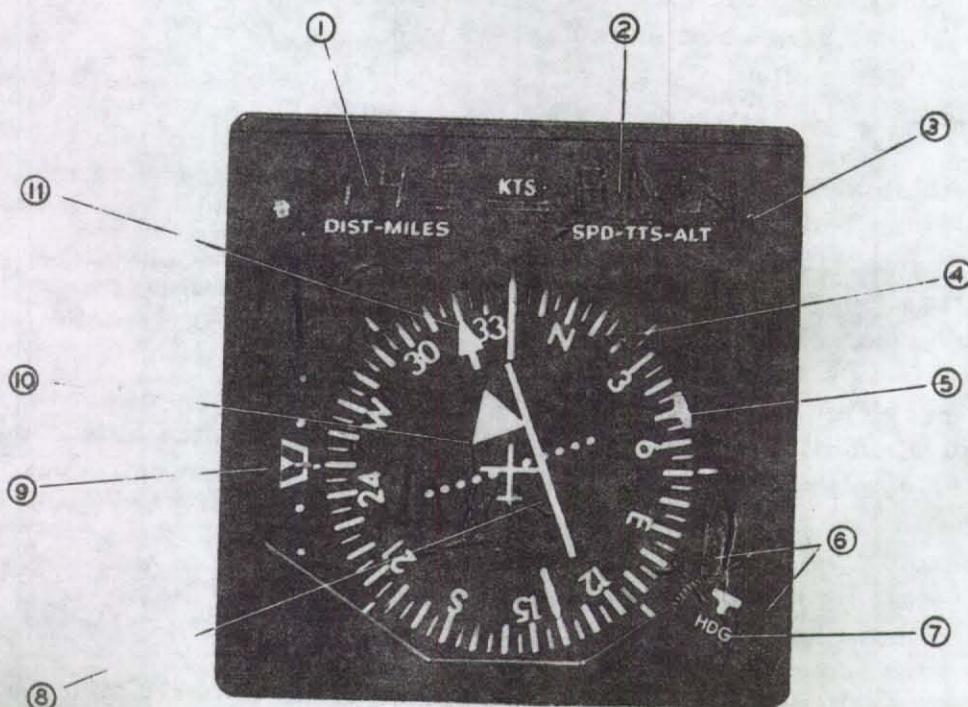


FIGURA No. 106

- 9) Indicador de desviación de pendiente de planeo.
- 10) Indicador de sentido (To-From).
- 11) Flecha selectora de trayectoria.

TACAN (TACTICAL AIR NAVIGATION).

El Tacan es un sistema de navegación de alcance relativamente corto, que opera en la banda de ultra alta frecuencia (UHF). Proporciona información continua de marcación y distancia a una estación en tierra. Si bien da la misma información lograda con la combinación del VOR y el DME, es un sistema superior por ser más exacto y de más fácil y segura operación.

El sistema de control de tráfico aéreo en los Estados Unidos ha aceptado el Tacan como una ayuda fundamental en la Navegación Aérea y en ese país se han programado alrededor de 600 estaciones, algunas instaladas en el mismo lugar que las estaciones VOR y en la mayoría de los casos el VOR continúa en operación. La combinación de los dos sistemas se llama "VORTAC".

El Tacan, además de ser muy exacto, su operación se reduce a lo siguiente: Se coloca el interruptor en posición de "ON" (puesto), se selecciona el canal de la estación deseada y se leen la marcación y la distancia a esa estación. El promedio del error en la marcación es de 0.5°; el error en distancia es aproximadamente de 600 pies en la medida máxima de 195 millas náuticas. Las marcas pueden tomarse a mayor distancia, pero la escala de distancias está limitada a 195 millas náuticas.

USO DE LAS ESTACIONES VOR EN RUTA.

El sistema de navegación VOR además de tener un alto grado de exactitud, es de muy fácil operación y cuando se usa propiamente corrige en forma automática el efecto del viento a lo largo de las rutas.

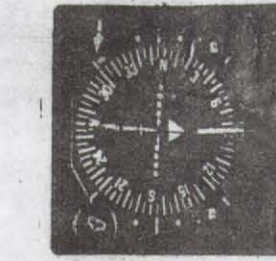
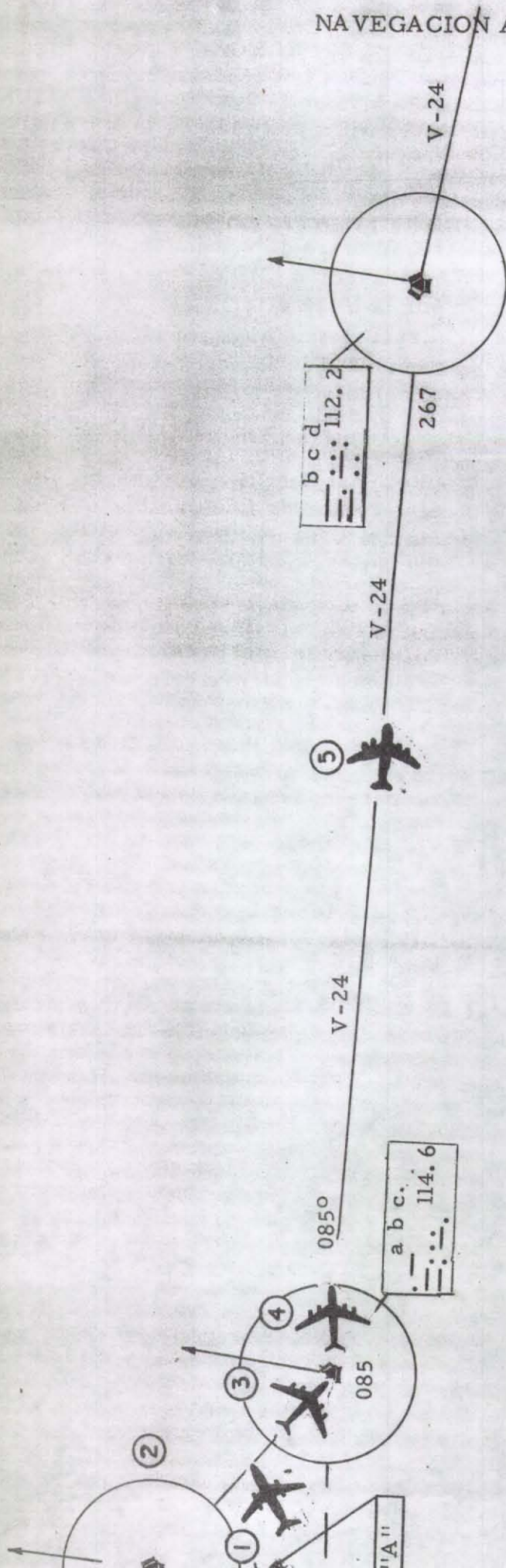
Descripción de los procedimientos de un vuelo normal siguiendo la ruta entre el aeropuerto "A" y el "B" por la aerovía Victor-24. La Figura No. 107, muestra una carta con los aeropuertos y la aerovía señalada, así como las diferentes posiciones del avión y las correspondientes lecturas de carátula:

- 1) Vectores para interceptar una radial: Después del despegue del aeropuerto "A" se selecciona un rumbo de 060° para interceptar la trayectoria 110° hacia el VOR "abc".

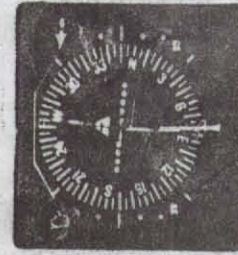
Seleccionando 110° con el botón selector "course", se tendrá una indicación pictórica en la carátula de lo que se está haciendo y el ángulo de interceptación correspondiente.

- 2) La barra de desviación empieza a centrarse cuando el avión se aproxima a la trayectoria 110° seleccionada y se virará para mantenerla centrada volando hacia la estación "abc".
- 3) Viraje para interceptar la aerovía: Al llegar a la estación el indicador de sentido cambiará de "TO" a "FROM", pasando la flecha que se tenía indicando hacia adelante, hacia atrás; cuando esto sucede se selecciona la trayectoria 085° con el selector "course", esta trayectoria magnética es la que corresponde a la aerovía V-24.

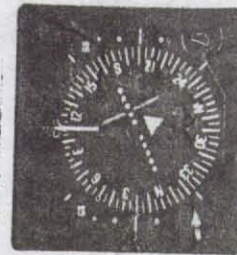
- 4) Cuando la parte superior de la barra de desviación coincide con la



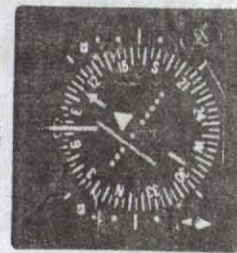
5



4



3



2

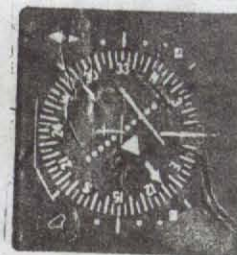


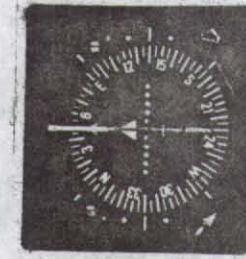
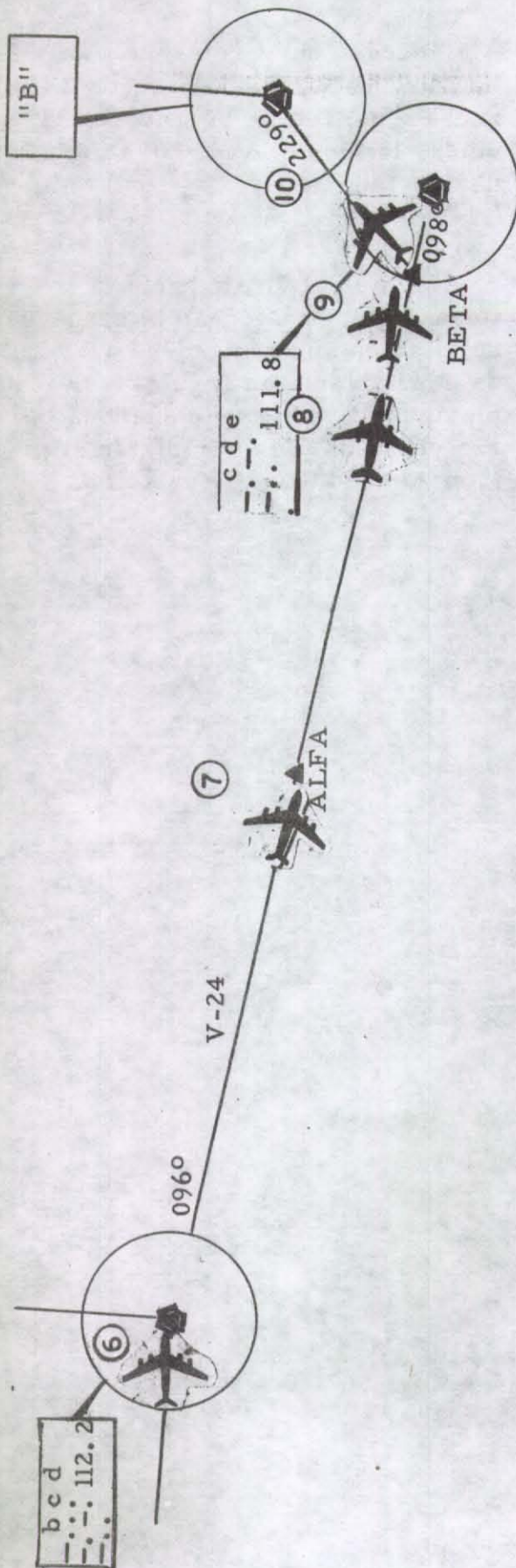
FIGURA No. 107

referencia y queda alineada con la - flecha de trayectoria, se está en la trayectoria seleccionada, manteniendo la barra centrada, se está haciendo una corrección automática de deriva, en este caso, como puede verse, la corrección de deriva es de 5° izquierda, el rumbo 080° y la trayectoria seguida 085° .

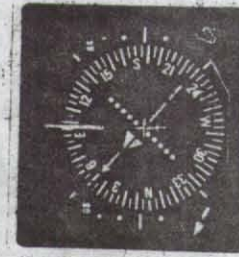
- 5) Aproximadamente a la mitad de la - distancia entre el VOR "abc" y el "bcd", se selecciona el VOR de adelante, (bcd) al hacerlo el indicador de sentido cambia a "TO", flecha hacia adelante, la flecha de trayectoria se cambiará de 085° a 087° que es la que corresponde a la aerovía V-24 hacia la estación "bcd".
- 6) Al pasar sobre la estación "bcd" el indicador de sentido cambiará a - "FROM"; flecha hacia atrás, puesto que la trayectoria de salida de la - V-24 desde "bcd" hacia "cde" es 096° , se seleccionará con el selector - "course" 096° y se volará manteniendo la barra centrada.
- 7) Cerca de la intersección "ALFA", - se cambia a la frecuencia de la estación "cde" y se selecciona la trayec

toria 098° que es la de la V-24 hacia "cde", el indicador de sentido cambiará a "TO", flecha hacia delante.

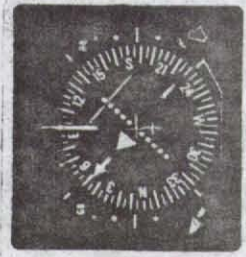
- 8) La autorización es por la V-24 a la intersección "BETA" para proseguir por la V-26 al VOR de "B" y después directamente al aeropuerto. Al aproximarse a la intersección "BETA", - el selector de rumbo está en 098° como referencia de la trayectoria de la V-24, o como rumbo de mando al piloto automático. Se selecciona en el receptor de navegación la frecuencia del VOR de "B" y con el selector "course". La trayectoria 049° hacia "B".
- 9) Al cruzarse la intersección "BETA" la barra de desviación se centrará quedando alineada con la flecha selectora de trayectoria, se selecciona - rumbo 049° y se virará a la izquierda para proseguir por la V-26 hacia "B".
- 10) Se está sobre la V-26 volando hacia "B", una vez más, si se vuela manteniendo la barra centrada, automáticamente se está corrigiendo la deriva por viento.



10



9



8



7



6

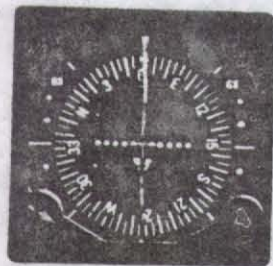
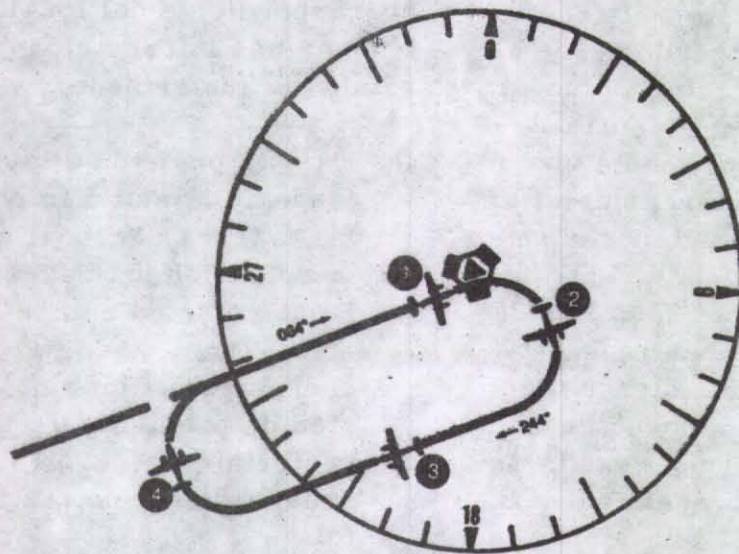
FIGURA No. 108

PATRON DE ESPERA (Figura No. 109).

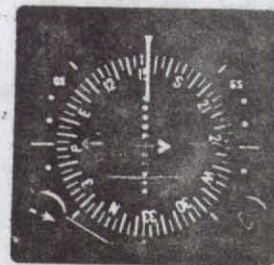
- 1) Aproximándose al VOR "B", el controlador pide se mantenga al Suroeste de la estación, en radial 240° con virajes a la derecha sobre la estación con trayectoria 064° el indicador de sentido pasa a "FROM", flecha hacia atrás, se selecciona rumbo recíproco, 244° y se inicia el viraje a la derecha.
- 2) A la mitad del viraje, la barra indicadora de desviación quedará atrás del símbolo del avión indicando que

nos alejamos del radial seleccionado.

- 3) Alejándose con la referencia de rumbo 244° , el radial 244° queda a la derecha y paralelo a la trayectoria seguida, tal como lo muestra la barra de desviación.
- 4) A la mitad del viraje hacia la trayectoria 064° , en la carátula puede verse al avión aproximándose a la barra de desviación a un ángulo de 90° completando el viraje se mantendrá la barra centrada para completar el pa--trón volando hacia la estación.



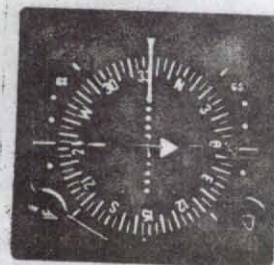
1



2



3



4

FIGURA No. 109

PATRON DE ESPERA

APROXIMACION ILS. TRAYECTORIA -
FRONTAL (FRONT COURSE). (Figura -
No. 110).

- 1) El avión ha sido vectoreado desde el patrón de espera describiendo un arco con un radio de 13 millas náuticas, seleccionando finalmente un rumbo de 170° para interceptar el localizador del ILS. Debe tenerse seleccionada la trayectoria de entrada del localizador, en este caso 130° , la barra de desviación muestra la trayectoria del localizador directamente al frente. Los indicadores de pendiente de planeo aparecen cuando se ha sintonizado la frecuencia del ILS, indicando que la señal esta siendo recibida.
- 2) Ha habido captura del localizador y se sigue la misma técnica para interceptar una trayectoria y después mantener la barra de desviación centrada. Cuando se tiene sintonizada frecuencia de ILS, la escala de indicación de desviación representa $1/2^{\circ}$ de desviación por cada punto.
- 3) La carátula muestra que se ha interceptado la trayectoria del localizador, los indicadores de pendiente de planeo han empezado a centrarse, el avión está por abajo de la pendiente de planeo en este punto.
- 4) Esta carátula indica que el avión está en la trayectoria del localizador y en la pendiente de planeo, la corrección de deriva es de 5° derecha, trayectoria del localizador 130° , rumbo 135° .

APROXIMACION ILS. TRAYECTORIA -
TRASERA (BANCK COURSE). (Figura -
No. 111).

Para hacer una aproximación ILS por la trayectoria trasera del localizador en forma tan simple como se hizo

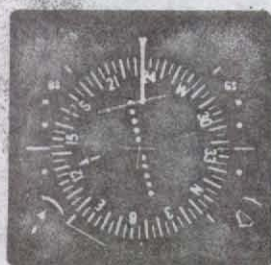
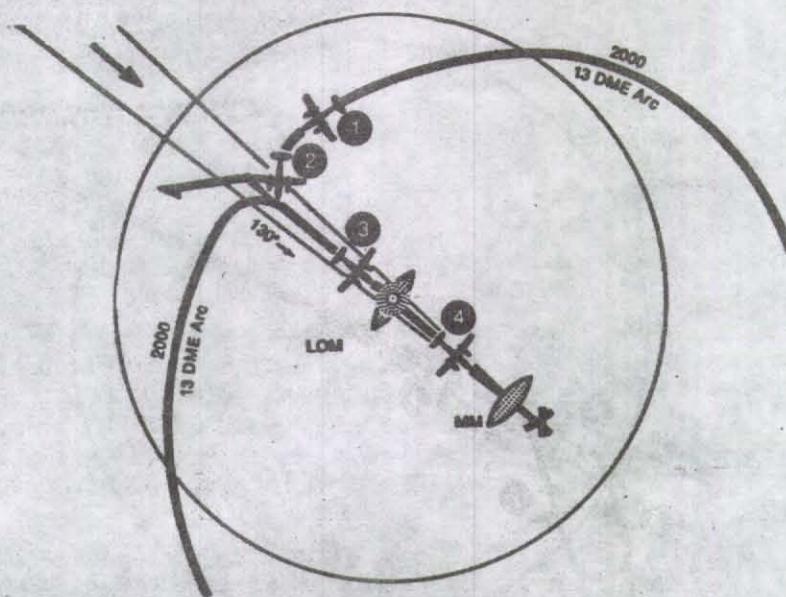
por la trayectoria frontal, se ajusta la flecha selectora de trayectoria a la correspondiente del localizador a fin de obtener una información directa de la carátula del instrumento.

- 1) En esta posición el avión se está alejando de la estación por la trayectoria trasera del localizador, teniendo la selección de trayectoria en 238° . El selector de rumbo se ha puesto en 193° para hacer el viraje de procedimiento. Como no hay transmisión de pendiente de planeo en la trayectoria trasera, el indicador correspondiente no aparece en la carátula.
- 2) Durante el viraje de procedimiento hacia afuera, la barra de desviación muestra que el avión se aleja de la trayectoria del localizador con un ángulo de 45° cuando el selector de rumbo queda bajo el índice.
- 3) Ahora se ha seleccionado el rumbo recíproco, 013° , haciéndose el viraje correspondiente de 180° . Con este rumbo se va a interceptar la trayectoria trasera del localizador a 45° como puede verse en la carátula.
- 4) Al interceptar se cambia selección de rumbo a 058° y se mantiene la barra centrada, como la trayectoria seleccionada sigue siendo 238° , la carátula muestra directamente la situación del avión respecto al ILS.

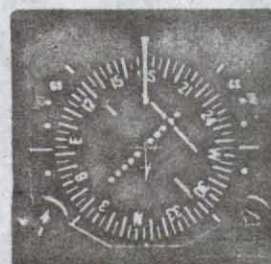
PROCEDIMIENTO DE SALIDA.

Si próxima al aeropuerto de salida se tiene una estación VOR y se desea partir de la estación hacia un destino de terminado, se procede de la manera siguiente:

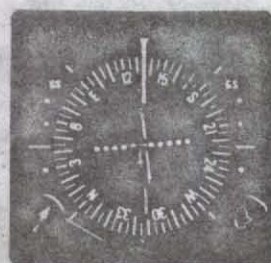
Se sintoniza e identifica la estación-



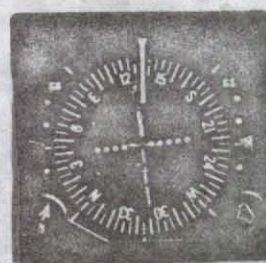
1



2



3



4

FIGURA No. 110

APROXIMACION ILS. - TRAYECTORIA FRONTAL

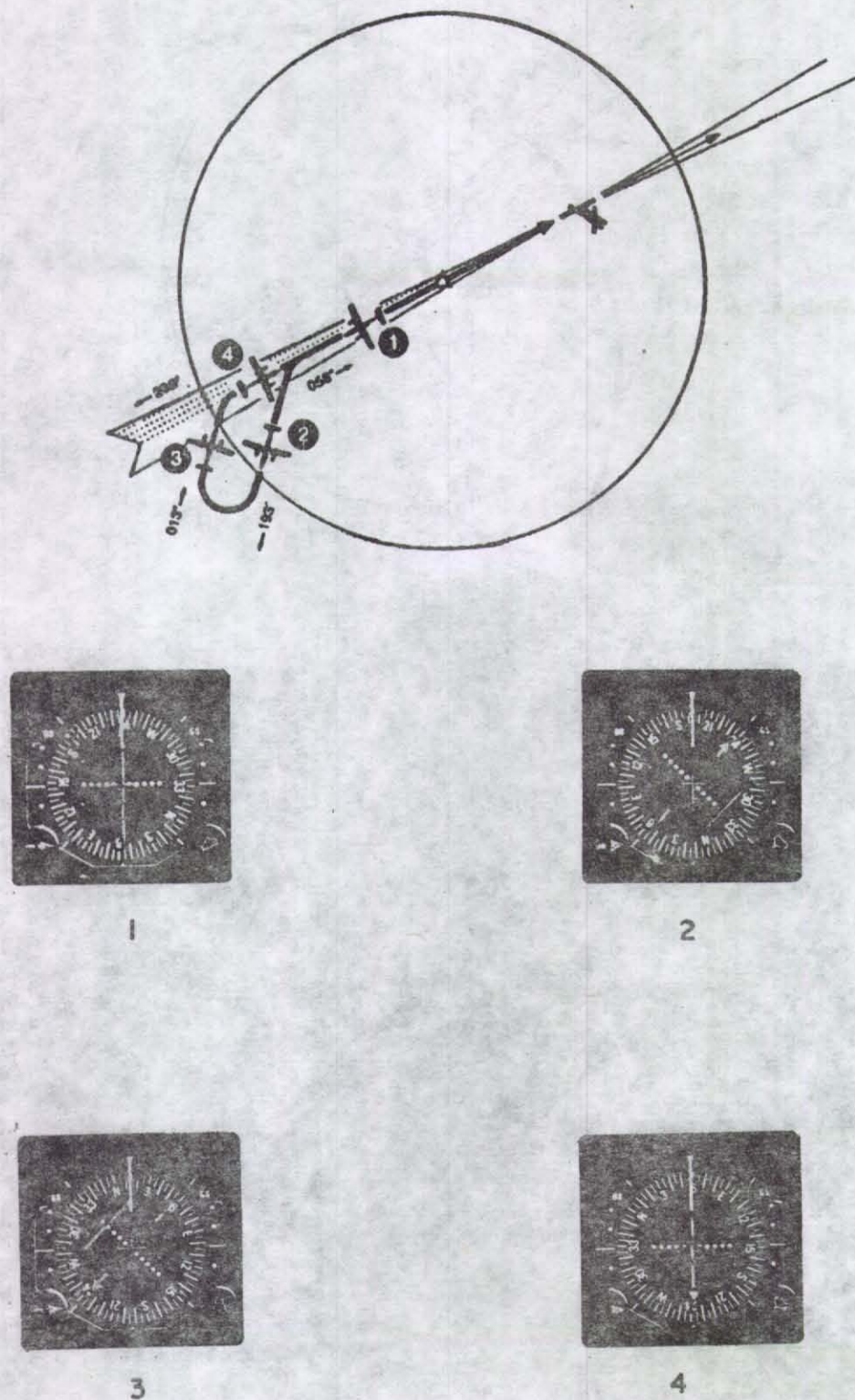


FIGURA No. 111

APROXIMACIÓN ILS. - TRAYECTORIA TRASERA

VOR (se puede hacer antes de despegar).

Se gira el botón del selector de marcaciones (OBS) hasta que la aguja del indicador de desviación (CDI) se centra y en el indicador de sentido (TO-FROM) se lee "TO".

Se vuela hacia el VOR manteniendo - centrada la aguja del CDI.

Cuando se llega a la estación, la aguja del CDI se moverá hacia un lado u otro y el indicador de sentido irá de TO a FROM.

Se gira el botón del selector de marcaciones (OBS) hasta poner el valor de la trayectoria hacia el destino, - con el indicador de sentido en FROM.

Se hace un viraje hacia la trayectoria hasta que la aguja del CDI se centre.

Manteniendo el rumbo magnético co rrespondiente al radial seleccionado, el avión se encontrará en trayectoria pero si hay un viento cruzado, la aguja del CDI se desviará hacia el lado de donde viene el viento y para man tenerse en la trayectoria se tendrá - que corregir hacia el viento tanto co mo sea necesario para conservar la aguja del CDI centrada.

El procedimiento de salida se puede cambiar y hacerse en la forma siguiente:

- 1) Se sintoniza e identifica la estación.
- 2) Se pone en el selector de marcacio nes (OBS) la trayectoria deseada con el indicador de sentido en FROM.
- 3) Se establece un rumbo magnético pa ra interceptar la trayectoria desea

da, el ángulo para interceptar puede ser 45° , 60° ó bien 90° . Se vuela a ese rumbo hasta que la aguja se cen tre.

- 4) Se vira hasta tomar el rumbo del ra dial seleccionado con la aguja centra da.
- 5) Si el avión deriva saliéndose de la trayectoria (la aguja moviéndose ha cia fuera del centro), será necesario hacer una corrección al rumbo para mantener la aguja centrada y conser varse en la trayectoria intentada.

PROCEDIMIENTO EN RUTA.

En la Figura No. 112, asumimos que acabamos de pasar sobre el VOR Thurman en ruta hacia el VOR de Goodland y continuar por la aerovía Victor (4 (V-4).

El procedimiento para la navegación VOR es como sigue:

- 1) Sobre Thurman se selecciona el ra dial 087° en el OBS, con el indicador de sentido en FROM.
- 2) Se vuela con la aguja del CDI centra da y rumbo magnético 087° si no hay viento; o corrigiendo lo necesario pa ra mantener la aguja centrada.
- 3) Aproximadamente a la mitad de la ru ta entre Thurman y Goodland se en cuentra el símbolo 38 33. Al llegar a este punto se sintoniza el VOR de Goodland (115.1 mc.)
- 4) Se selecciona en el OBS 089° (recípro co a 269°) y en el indicador de senti do se leerá "TO".
- 5) Se mantiene la aguja del indicador de desviación (CDI) centrada.

Figura No. 114, se asume que nos aproximamos al VOR de Macon y ~~desa~~ volar al aeropuerto de Bradley, el cual no es visible desde el VOR.

identificado, se selecciona en el OBS 162° con el indicador de sentido en FROM.

- 1) Se traza una línea del VOR de Macon al aeropuerto de Bradley, esta línea resulta la radial 162°.
- 2) Con el VOR de Macon sintonizado e
- 3) Se vuela con la aguja del CDI centra da y rumbo magnético 162° hasta lle gar al aeropuerto que se encuentra a 11 millas náuticas de la estación - VOR.

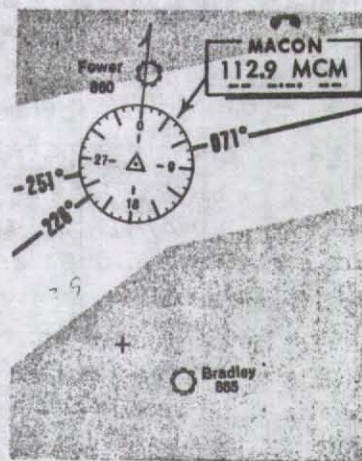


FIGURA No. 114

CAPITULO No. 7

SISTEMAS DE RADIO NAVEGACION HIPERBOLICA

Los sistemas de navegación hiperbólicos están basados en la recepción de señales de radio sincronizadas, cuya velocidad de propagación es conocida y provienen de puntos diferentes. El navegante mide e interpreta los tiempos relativos de llegada de cada una de las señales y fija su posición en la intersección de dos ó más hipérbolas.

El principio de operación de las radioayudas hiperbólicas, es que la diferencia de tiempo de llegada de señales provenientes de dos estaciones, en un punto dentro del área de cobertura, es una medida de la diferencia de distancias desde la posición del observador a cada una de las estaciones. Una hipérbola se define como el lugar geométrico

de todos los puntos cuya diferencia de distancia a dos puntos fijos llamados Focos es constante.

Los sistemas de navegación Loran (Long Range Navigation), son de tipo hiperbólico y son de tres tipos: El "A", el "C" y el "D".

Las estaciones de Loran "A", operan por pares. A una de las estaciones del par se le llama "MAESTRA" (Master) y a la otra "ESCLAVA" (Slave). Las estaciones están localizadas opuestas una de otra y en los extremos de una línea imaginaria llamada "LINEA BASE"; la distancia entre las estaciones M y S varía de 100 a 600 millas.

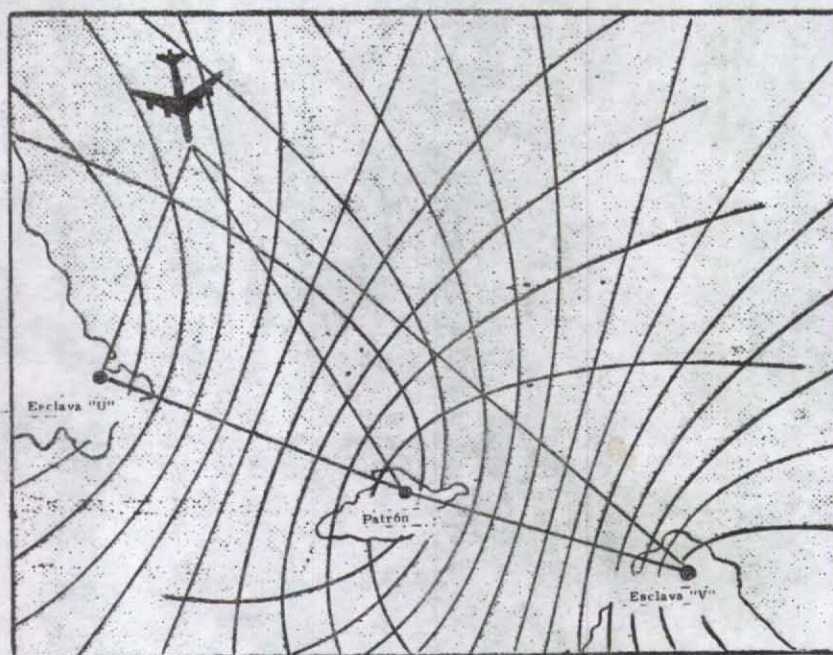


FIGURA No. 115

Ambas estaciones tienen un patrón de radiación circular, emitiendo cada una de ellas un pulso de radio frecuencia a una misma razón de repetición (PRR), pero haciendo la emisión en diferente instante, la Esclava siempre transmitirá después de la Maestra, la diferencia de tiempo entre las dos emisiones es constante para un par de estaciones y hace que, cualquiera que sea la posición del receptor, siempre se reciba primero el pulso de la Maestra y después el de la Esclava.

La emisión de las estaciones de Loran se hace como sigue:

- 1o. La estación "MAESTRA" emite un "pulso" de radio. Este se propaga a la velocidad de 186,000 millas terrestres por segundo (300,000 kilómetros por segundo) en todas direcciones, incluyendo aquella en que queda la correspondiente estación "ESCLAVA".
- 2o. La onda electromagnética emitida por la estación "MAESTRA" ha pasado por la posición del receptor. Dicha onda llega a la estación "ESCLAVA".
- 3o. La estación "ESCLAVA", después de una cierta demora, medida a partir del instante en que recibe la onda de radio de la estación "MAESTRA", emite su propio "pulso".
- 4o. La onda de radio emitida por la estación "ESCLAVA" llega a la posición del receptor, el que mide la diferencia de tiempo de llegada en millonésimas de segundo (microsegundos) y así obtiene una línea de posición.

De esta manera se asegura que cualquiera que sea la posición de un observa-

dor, en relación a las estaciones, siempre se recibirá primeramente la onda de radio emitida por la estación "MAESTRA".

La diferencia de tiempo de llegada de las ondas de radio depende de la posición del avión en que se encuentra el receptor, en relación a las estaciones que forman el par. Es mínima cerca de la estación "Esclava" y máxima cerca de la estación "Maestra".

Cada par de estaciones de Loran "A", proporciona una "familia" de líneas de posición hiperbólicas. Para determinar una posición, será necesario disponer por lo menos de dos familias.

Las estaciones de un mismo par Loran "A" transmiten a la misma frecuencia y con la misma razón de repetición de pulsos (PRR). Tienen una potencia de salida aproximadamente de 100 kilovatios, con un alcance diurno de 700 millas náuticas sobre el mar, sobre tierra el alcance diurno se reduce a 250 millas náuticas a altitudes grandes o a 100 millas en la superficie. Durante la noche la onda celeste aumenta el alcance efectivo hasta unas 1400 millas náuticas.

La refracción de la onda y las condiciones atmosféricas, pueden dificultar la determinación de una línea de posición, pero la exactitud del Loran es extremadamente grande cuando el equipo lo opera una persona experimentada. Se puede esperar que en una posición no haya un error mayor de 1 o 2 millas.

El Loran "A" opera en tres canales de frecuencia: canal 1, 1950 kilohertz; canal 2, 1850 kilohertz y canal 3, 1900 kilohertz. La Tabla No. 1 muestra la designación de las estaciones de acuerdo con la razón de repetición de pulsos

(PRR) y los intervalos de repetición:

TABLA No. 1 LORAN TIPO "A"

Designación PRR	Intervalo - Repetición (Microse- gundos)	Frecuencia Básica de - Repetición- (CPS)
H0	30, 000	33-1/3
H1	29, 900	
H2	29, 800	
H3	29, 700	
H4	29, 600	
H5	29, 500	
H6	29, 400	
H7	29, 300	
L0	40, 000	25
L1	39, 900	
L2	39, 800	
L3	39, 700	
L4	39, 600	
L5	39, 500	
L6	39, 400	
L7	39, 300	
S0	50, 000	20
S1	49, 900	
S2	49, 800	
S3	49, 700	
S4	49, 600	
S5	49, 500	
S6	49, 400	
S7	49, 300	

La frecuencia básica de repetición - ALTA (H) emite de 33 1/3 a 34 1/9 pulsos por segundo de acuerdo con la clasificación de frecuencia específica numerada de 0 a 7, así por ejemplo un Loran "A" designado como H5 emitirá 33 8/9 pulsos por segundo y la separación entre pulso y pulso será de 29, 500 microsegundos.

La frecuencia básica baja (L) emite de 25 a 25 7/16 pulsos por segundo.

La frecuencia básica especial o lenta (S) emite 20 pulsos por segundo.

Las estaciones de Loran "C" operan en grupos de tres ó más estaciones, una Maestra y dos o más Esclavas. La estación Maestra forma una familia de hipérbolas con cada una de las estaciones Esclavas.

Las estaciones del Loran "C" no emiten sólo un pulso, sino "Trenes de Pulsos", la estación Maestra emite nueve pulsos, en cada emisión, ocho de ellos espaciados cada 1 000 microsegundos, el noveno 2000 microsegundos después del octavo. Todas las estaciones Esclavas sólo emiten trenes de ocho pulsos con un intervalo de 1 000 microsegundos entre pulso y pulso.

En el Loran "C", igual que en el "A" la estación Maestra y las Esclavas emiten en diferentes instantes, la Esclava después de la Maestra.

Todos los Loran tipo "C" operan en la frecuencia de 100 KHz y tienen ventajas sobre el tipo "A", una ventaja es que la energía de baja frecuencia se pierde menos y por tanto puede utilizarse a mayor distancia; otra ventaja es que la intensidad no disminuye tanto sobre tierra, además hay menos cambio en el alcance del día a la noche. Como resultado de estas ventajas, la separación entre las estaciones puede ser mayor y podrán tomarse posiciones a grandes distancias sin que la exactitud se afecte.

El Loran "D" sólo es una variante del Loran "C" con el mismo principio de operación y para usos tácticos en el que se ha reducido la potencia de salida y el área de cobertura:

La precisión del Loran "C" en los límites de cobertura de la onda terrestre,

es decir entre las 800 y las 1200 millas náuticas, es de 0.25 millas náuticas. El alcance está limitado por la relación entre la señal y los ruidos atmosféricos y puede considerarse de 800 millas náuticas sobre tierra y de 1200 sobre el mar; este alcance puede aumentarse utilizando ondas celestes.

Equipo Receptor Loran. - Los pulsos de Loran son recibidos a bordo en un receptor especial que mide el intervalo entre la recepción del pulso de una estación Maestra y la recepción del pulso de la Esclava. Las medidas sucesivas proporcionan al navegante un medio rápido de determinar la posición.

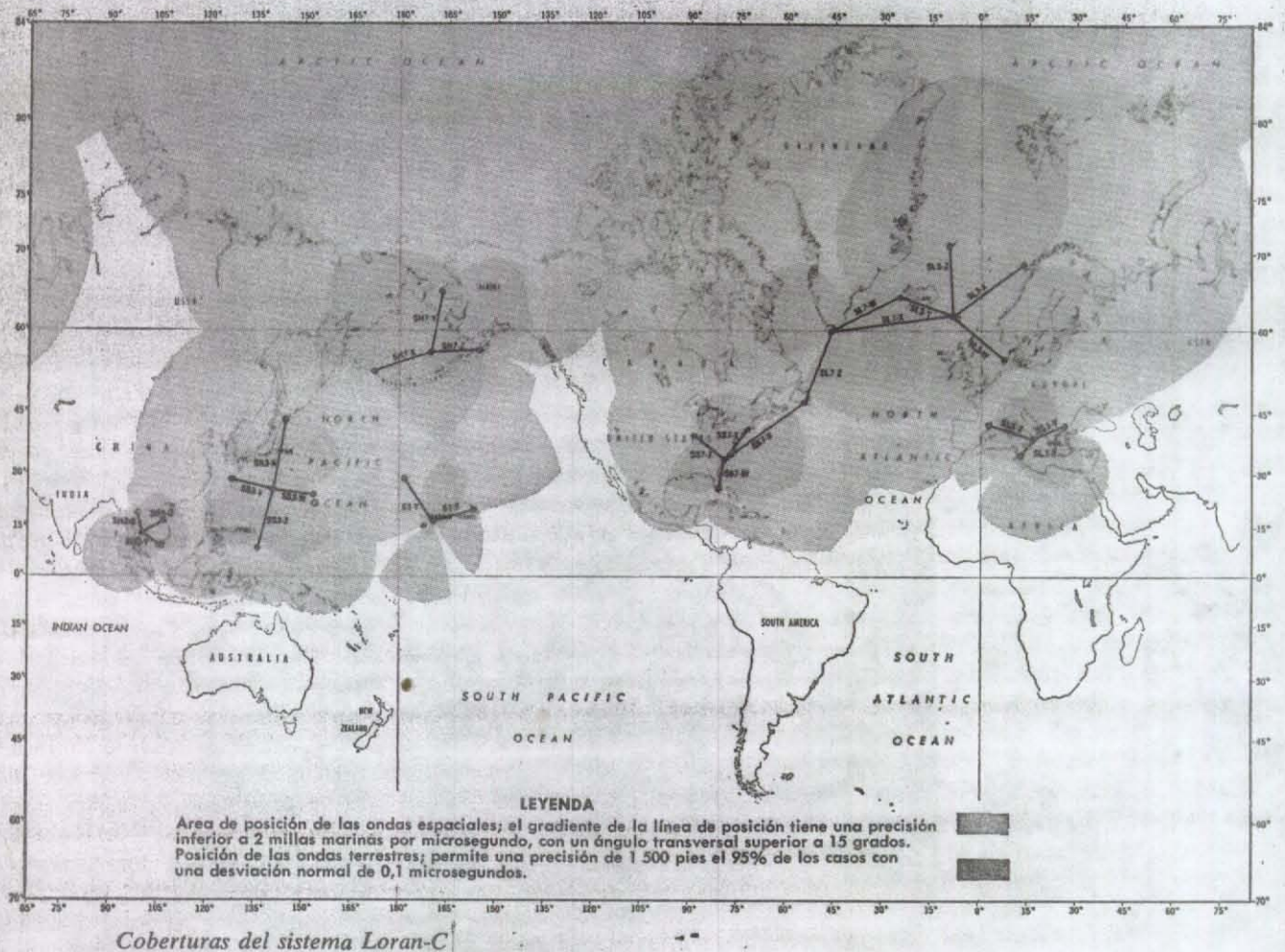


FIGURA No. 116

Las cadenas de Loran "C" y "D" comprenden como se dijo una estación patrón, designada por "M" y dos o más estaciones secundarias designadas como "X", "Y", "Z", "W" de acuerdo con el orden con el cual transmiten.

La figura ilustra el modelo EDO 600T, que consta de tres unidades: El receptor, la caja de control y la carátula indicadora, constituida por un tubo de rayos catódicos.

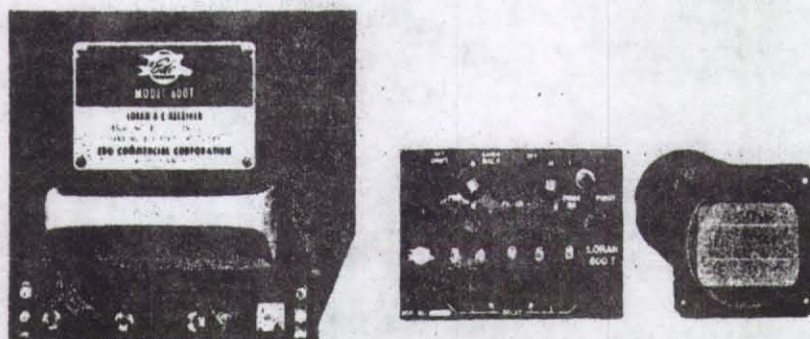


FIGURA No. 117

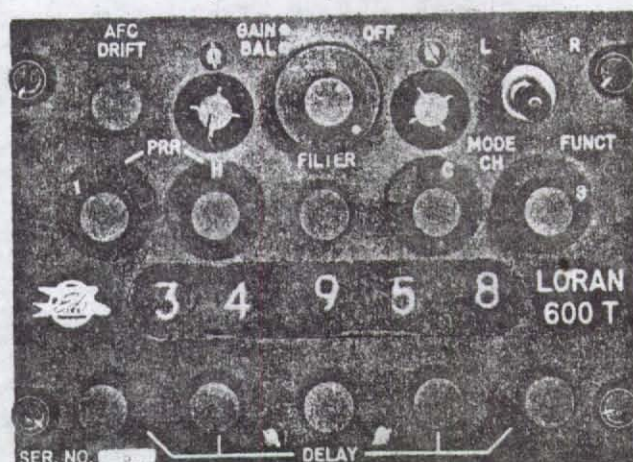


FIGURA No. 118

Este tipo de equipo puede utilizarse con Loran "A" ó con Loran "C", en cualquier caso, siempre medirá el tiempo entre la recepción del pulso de la Maestra y el de la Esclava. Puesto que la energía de radio tiene una velocidad constante de propagación, el lapso de tiempo transcurrido entre la llegada de los dos pulsos será equivalente a la medida de la diferencia de distancias de las estaciones transmisoras a la esta-

ción receptora; por tanto en cualquier momento la lectura de diferencia dará una la línea de posición hiperbólica trazada en una carta especial.

Operación del Equipo Receptor. - Antes de utilizarse el equipo para obtener una diferencia, debe comprobarse su funcionamiento para estar seguro de que su operación es correcta.

El procedimiento de comprobación, desde luego, es diferente para cada marca o modelo de equipo y en el respectivo manual debe señalarse.

La operación de los equipos para obtener una "diferencia" también varía con la marca y modelo, pero básicamente el procedimiento es muy parecido. Aquí ilustraremos el procedimiento para obtener una diferencia en el modelo EDO 600T, ilustrado en la Figura No.

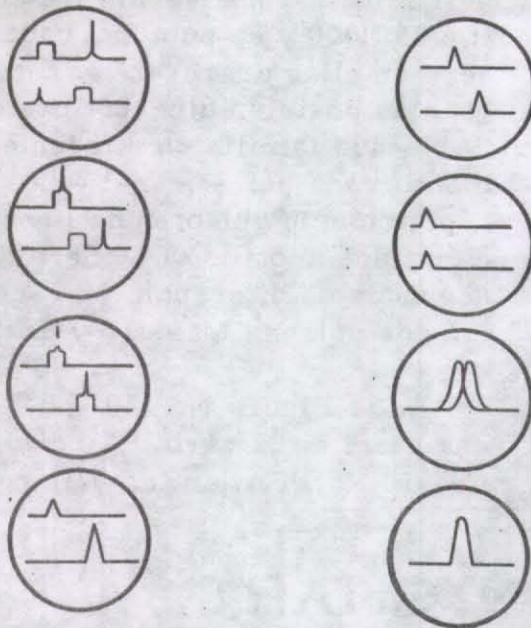


FIGURA No. 119

Procedimiento para operar con un Loran "A".

- Se enciende el equipo girando el botón, Control de Ganancia "GAIN" en sentido de giro de las manecillas del reloj y durante un minuto se espera a que el equipo se caliente.
- Se consulta la carta especial en el área correspondiente para seleccionar un Loran "A", dentro de cuyo alcance se estime que está la aeronave. Moviéndolo los botones de repetición de pulso "PRR", se seleccionará el canal de frecuencia (1, 2 ó 3) -

en el de la izquierda y la razón de repetición de pulso en el otro (H, L ó S), esto, canal y razón se obtienen de la carta.

- El botón Control de Función "FUNCT" se pone en (1).
- Se ajusta el Control de Ganancia "GAIN" para darle una altura al pulso recibido de aproximadamente 3/4 de pulgada en el indicador. Actuando el botón Control de Balance "BAL" se hace que los dos pulsos, tengan la misma altura.
- Moviendo el botón (L-R) a uno y otro lado, se coloca el pulso de la estación Maestra sobre el pedestal en la traza superior.
- Se ajusta los botones de Demora "DELAY" correspondientes a 10 000, 1 000 y 100 microsegundos, hasta que el pulso de la traza inferior quede sobre el pedestal.
- Se pone el botón de Funciones "FUNCT" en (2).
- Se oprime el control "AFG" DRIFT y se gira para mantener la indicación de pulsos.
La posición del pulso de la Maestra cerca de la izquierda en la traza superior. Se suelta el "AFG DRIFT".
- Se ajusta el Control de Balance "BAL" hasta que los dos pulsos tengan el mismo tamaño.
- Se ajustan los botones de Demora "DELAY", 100, 10 y 1, hasta que el pulso de la Esclava en la traza inferior, quede exactamente bajo el pulso de la Maestra.

- k) Se pone el botón de Funciones "FUNCT" en (3).
- l) Se ajusta el botón de Demoras "DELAY" unidades y el botón de Balance "BAL" de tal manera que los dos pulsos se sobrepongan.
- m) Lea el número de microsegundos sobre los botones de Demoras, este valor corresponde a la línea de posición hiperbólica en la que se encuentra la aeronave.

Para determinar la posición será necesario seleccionar otro Loran y seguir los pasos de (a) a (m) para encontrar otra línea de posición y cortar a la primera.

No se considera necesario describir la operación para operar con Loran "C" por ser muy parecido al anterior y por que no todos los equipos en uso disponen del receptor para este sistema. En cual

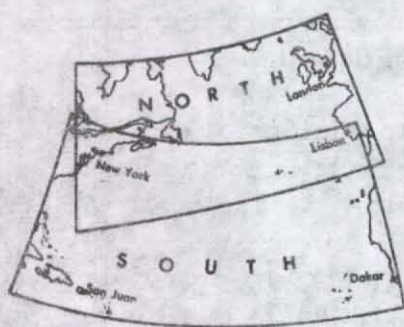
quier forma, una información completa de la forma de operar tal o cual equipo se tendrá siempre en el manual respectivo.

Cartas Loran. - El U. S. Department of Commerce, Coast and Geodetic Survey publica cartas especiales para navegación con sistemas Loran denominadas "Aircraft Position Chart". Estas cartas se hacen en proyección cónica conforme de Lambert a una escala media de 1: 6 250 000 y se publican cada seis meses, en ellas aparecen las familias de líneas de posición hiperbólicas de Loran "A", cada familia en diferente color e identificada por el canal y la razón de repetición de pulso; cada línea de posición tiene anotado el número de microsegundos de diferencia en recepción de los dos pulsos, Maestro y Esclavo.

En la Figura No. 120, puede verse una parte de la carta "Aircraft Position Chart" North Atlantic 3071, con los

AIRCRAFT POSITION CHART NORTH ATLANTIC 3071

This chart will become **OBsolete** FOR USE IN NAVIGATION upon publication of the next edition in approximately six months.



LAMBERT CONFORMAL CONIC PROJECTION SCALE 1:6,250,000

STANDARD PARALLELS: NORTH CHART 36° and 60°, SOUTH CHART 10° and 48° 40'

International boundary limitations not necessarily authoritative

The U. S. Federal Government disclaims responsibility for non-Federal navigational facilities

NOTICE TO USERS OF THIS CHART

You are urgently requested to inform us of corrections and additions that come to your attention while using this chart. When practicable, such information should be indicated clearly and accurately on the chart (a replacement copy will be returned).
Mail to: THE DIRECTOR, NATIONAL OCEAN SURVEY, NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION, ROCKVILLE, MARYLAND 20852

Published at Washington, D.C.

U. S. Department of Commerce
National Oceanic and Atmospheric Administration
National Ocean Survey

March 1963 Revised August 1976 Base No 6R3



All bearings are magnetic

Aerodrome:..... Civil	Military	Consol or Consolant.....
Range, LF/MF.....	Range TS	Ocean Station Vessel.....
Range, VHF.....	VOR TS	Reporting Point.....
Tacan.....	DME TS	Spot Elevation in Feet..... 2672
Vortac.....	VOR DME TS	Isogonic Line, 1975..... (18W)
RBn, Nondirectional.....	TS	Meteorological Reporting Zone.....
RBn, Marine.....	RBn TS 212 TS 01 & ev 6m	Control Area or Channel.....
Isogriv, 1975.....	GV 12°E	Flight Information Region.....
		Air Defense Ident Zone.....
		Grid Meridian.....

Dashed hyperboles indicate night time service only

NORTH CHART LORAN-A RATES

3H5 1H1 1H2 1H3 1L2 1L3 1L4 1L6 1L7 1L8 1S6 1S7 3L2

SOUTH CHART LORAN-A RATES

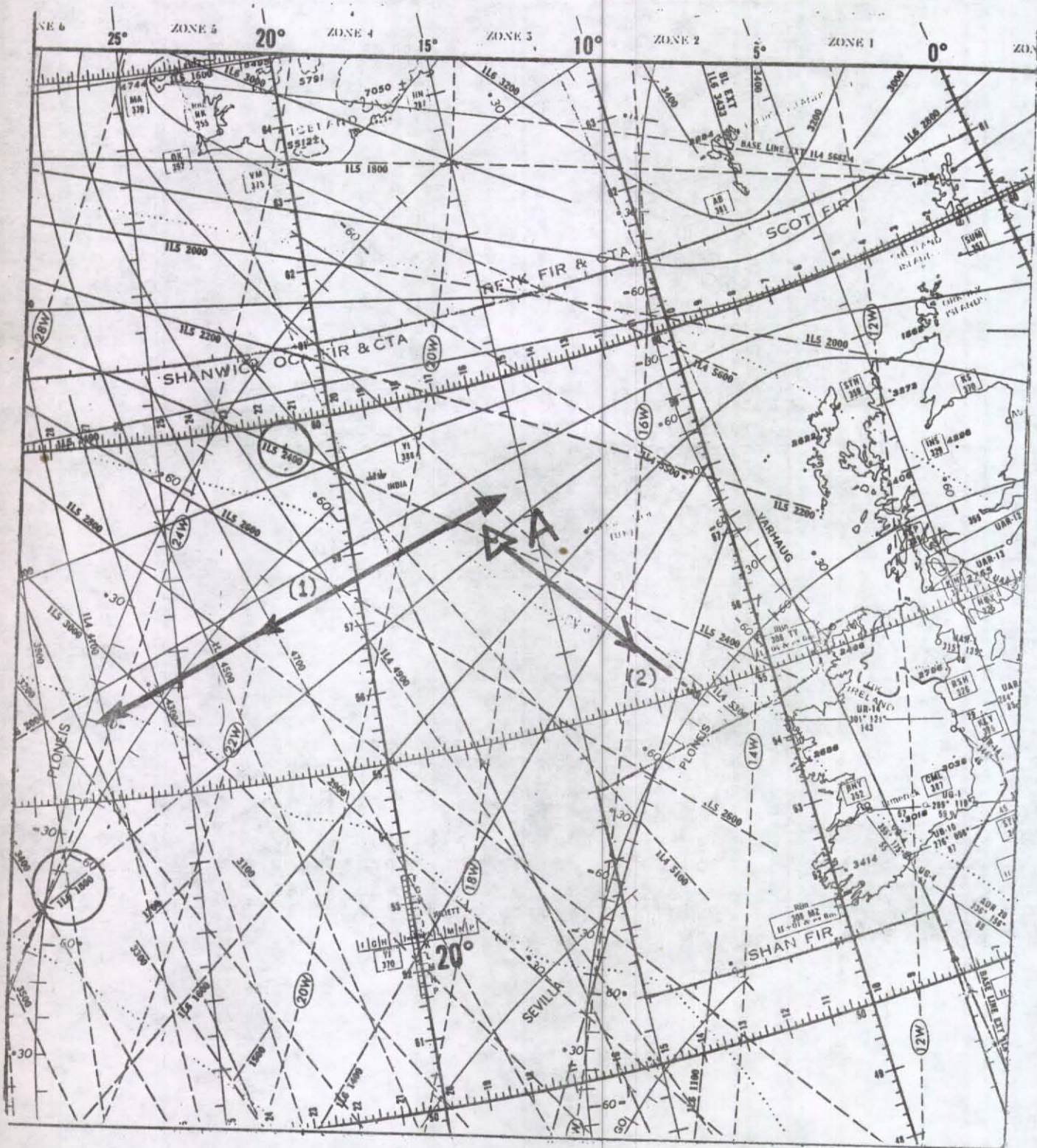
1H1 1H2 3H5 1H3 3H6 3L1 1L2 1L3 1S5 1S6 3L2 1S7

meridianos 20°W , 15°W , 10°W , 0° y 5°E y 10°E , así como los paralelos de latitud 45°N , 50°N , y 55°N y 60°N .

Se ha fijado la posición "A" en la intersección de la línea de posición 1L6 1800 con la línea de posición 1L5 2400. La operación ha sido:

- a) Seleccionado en el receptor 1L6,--
midió una diferencia de 1800 microsegundos.
- b) Al seleccionarse 1L5, se midió --
una diferencia de 2400 microsegundos.

A menudo es necesario trazar líneas de posición en la carta, pues en ésta solo aparece un número relativamente pequeño de hipérbolas con separación uniforme de 100 o 200 microsegundos, si la medida hecha a --abordo fuera, por ejemplo 1950 al seleccionar la familia 1L6, sería necesario interpolar, o trazar una línea de posición que debe quedar próxima a la hipérbola 1L6 2000.



1. Línea de Posición IL6 1950

2. Línea de Posición - 30 Ploneis

FIGURA No. 120

CAPITULO No. 8

OTROS SISTEMAS DE NAVEGACION ELECTRONICACONSOL Y CONSOLAN.

Esta radioayuda de navegación de largo alcance es de una gran utilidad práctica debido a su exactitud y a que no requiere equipo especial a bordo. Tratóndose de un sistema auditivo, cualquier receptor, el de comunicaciones o el mismo Radiocompás (ADF) puede emplearse para recibir las señales.

El Consol consiste en un transmisor que emite una onda portadora continua en alguna de las frecuencias comprendidas entre los 190 y los 415 kilohertz y que alimenta por medio de líneas apropiadas a tres antenas verticales colocadas a lo largo de una línea recta llamada "Línea Base". Las antenas están espaciadas uniformemente y a tres longitudes de onda, es decir de 2 a 3 kilóme-

tros. El tipo de emisión es "A-1" (onda continua que solo se interrumpe para formar "puntos" y "rayas"). El Consol es una variante americana con características muy similares al Consol inglés.

Las señales emitidas consisten en puntos y rayas cuya disposición y número forman un patrón distinto para cada posición del receptor. La identificación consiste en un grupo de letras, dos o tres, transmitidas en Código Morse durante el período correspondiente, dos veces en el Consolan y una vez en el Consol.

La antena central emite una señal continua variando la fase y la transmisión de las dos antenas exteriores se forma el patrón de puntos-rayas y se le

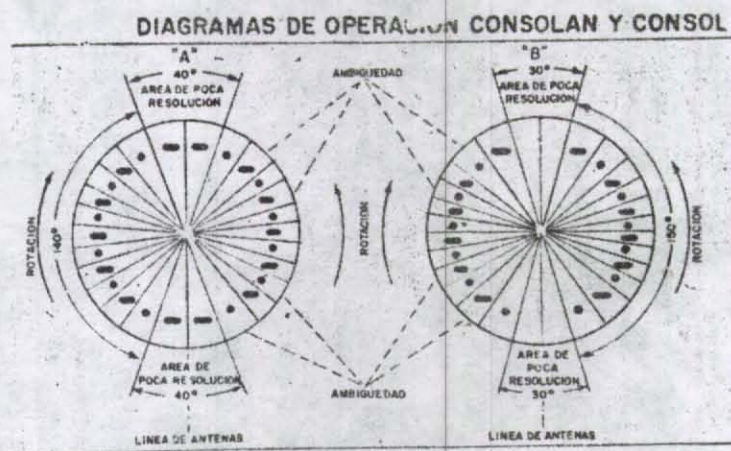


FIGURA No. 128

hace girar. Dentro del patrón hay sectores de puntos y sectores de rayas; separados entre sí por un tono continuo llamado "EQUISEÑAL". El patrón es transmitido por un período de 30 segundos, dentro del cual se escucha generalmente la Equisignal y al final del cual hay una pausa y la identificación, después empieza otro patrón.

En los sistemas Consol y Consolan se emplea un patrón de sectores alternados de puntos y rayas. Al escuchar la señal, un sector de puntos se distingue de un sector de rayas en la carta, en que el primero produce puntos al principio de la transmisión, seguidos de la Equisignal y luego las rayas. El sector de rayas se identifica porque se escuchan primero rayas, luego la Equisignal y después los puntos. La amplitud angular de los sectores tiene un promedio de 120° , aunque los sectores son más estre-

chos en las proximidades de la mediatriz (perpendicular media de la línea base).

Dependiendo de la posición del avión con respecto a la estación, se pueden escuchar diferentes combinaciones de puntos, rayas y equisignal. El número total de caracteres (puntos y rayas) emitidos en cada ciclo, es de 60 pero como durante la transmisión de la equisignal, los caracteres se desvanecen gradualmente, algunos se pierden, de modo que siempre se escuchará un número menor de 60.

La secuencia de transmisión, así como la duración de cada ciclo es un tanto diferente según se trate de Consol o de Consolan, pero en ambos tipos, durante cada ciclo se emiten 60 caracteres (puntos y rayas). Las secuencias transmitidas son las siguientes:

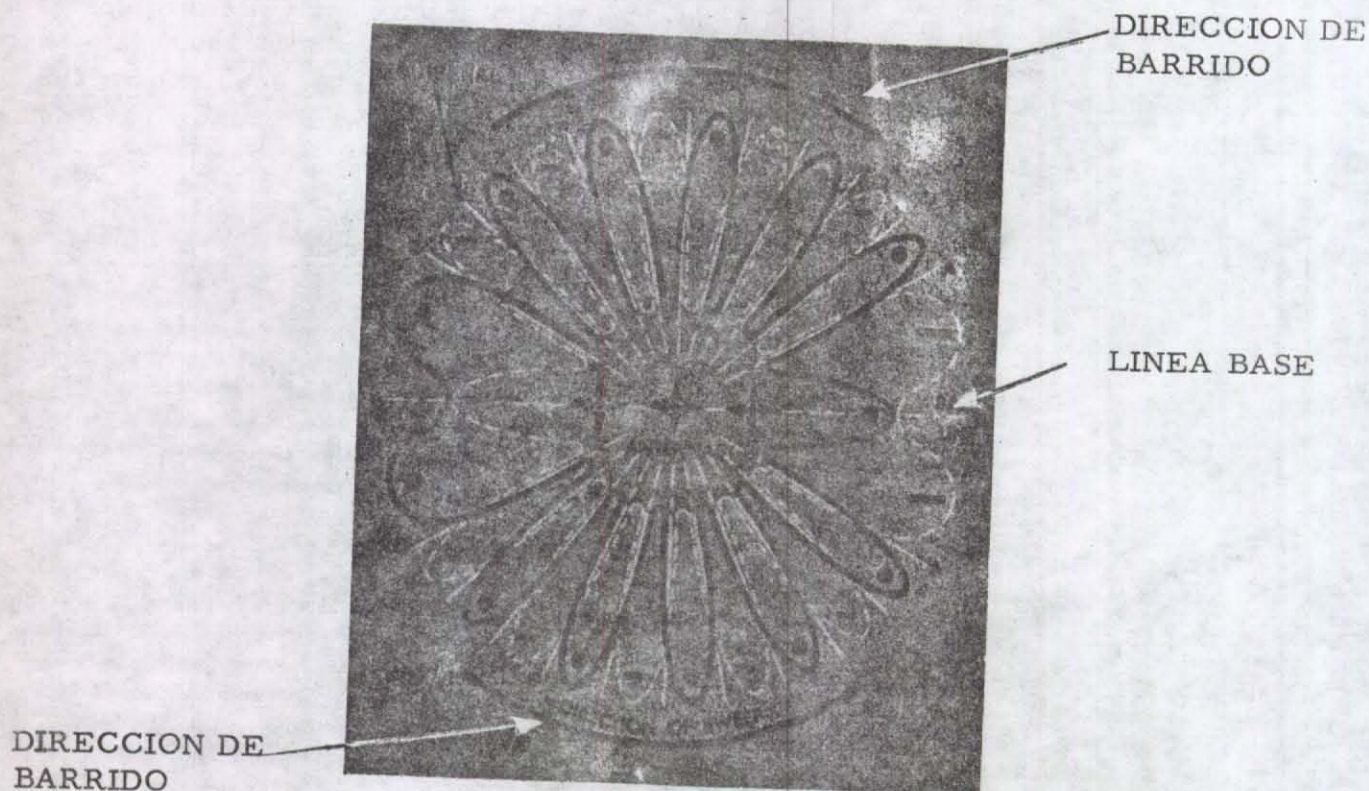


FIGURA No. 129

CONSOLAN

Duración del Ciclo		75 Segundos
0	- 7.5 Seg.	Identificación - Dos Veces.
7.5	- 10 Seg.	Período de Silencio.
10	- 40 Seg.	Patrón de Puntos y Rayas.
40	- 42.5 Seg.	Período de Silencio.
42.5	- 72.5 Seg.	Patrón de Puntos y Rayas.
72.5	- 75 Seg.	Período de Silencio.

CONSOL

Duración del Ciclo		37.5 Segundos
0	- 2.5 Seg.	Período de Silencio.
2.5	- 5 Seg.	Identificación - una Vez.
5	- 7.5 Seg.	Período de Silencio.
7.5	- 37.5 Seg.	Patrón de Puntos y Rayas.

El alcance efectivo del Consol está entre 1000 y 1400 millas náuticas, aunque se han comprobado alcances mayores sobre el mar. El alcance depende del tipo de receptor, del ruido atmosférico, de la conductividad de la superficie y de las condiciones ionosféricas. Los operadores experimentados pueden obtener líneas de posición con gran exactitud a pesar de condiciones de mucho ruido. Esta radioayuda no debe usarse dentro de las 25 millas náuticas de la estación.

La zona de utilización del sistema comprende sectores opuestos por el vértice, de 150° cada uno para Consol y de 140° cada uno para el Consolan.

Hay dos sectores en los cuales no puede utilizarse; estos últimos contienen la prolongación de la Línea Base.

La exactitud depende de la posición del avión con relación a la estación. Es máxima cerca de la mediatriz (perpendicular levantada en el punto medio de la línea base) y mínima en la prolongación

CARACTERISTICAS DE TRANSMISION

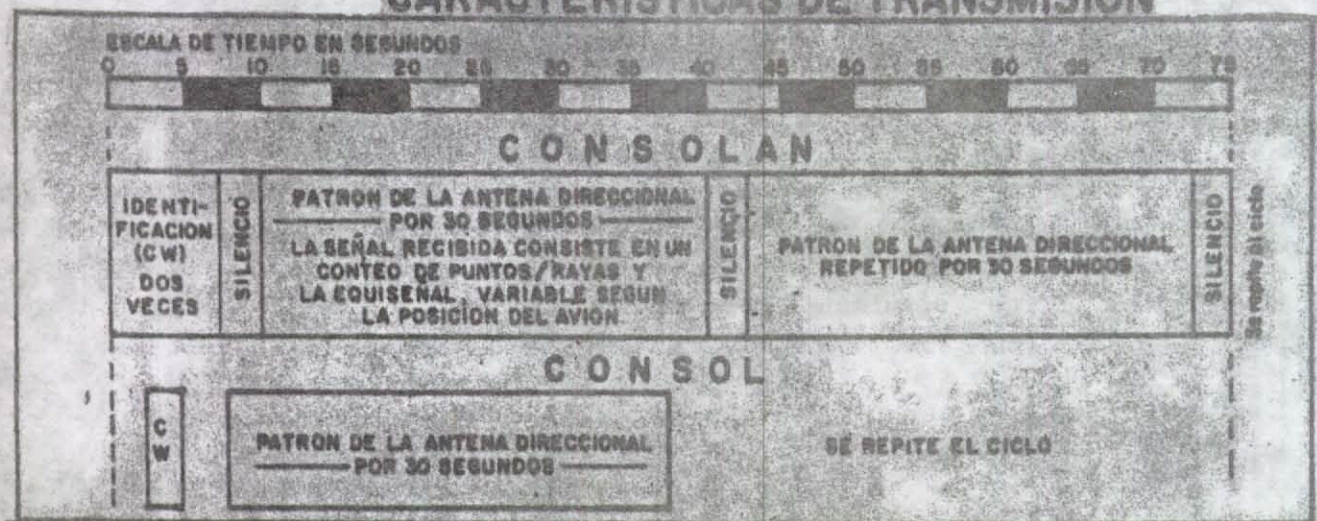


FIGURA No. 130

Total de rayas (39 + 2) 41

- e) En la carta especial se busca la línea de posición que corresponde a los caracteres recibidos primero. Para el ejemplo anterior, la línea de posición será la de 19 puntos.
- f) Para obtener la posición se sintonizará otra estación para otra línea de posición, o se cruzará la obtenida con otra línea de posición obtenida por otro medio tal como el Loran.

En la Figura No. 120, la posición de "A" corresponde a la línea de posición 30 rayas del Consol de Ploneis.

En los sectores alternos de puntos o rayas se presentan conteos idénticos de señal, por tanto es necesario determinar el sector conociendo una posición de estima, la posibilidad de equivocar el sector es muy pequeña, pero deben tomarse precauciones.

Las estaciones Consol pueden utilizarse con el Radiocompás (ADF), como radiofaros no direccionales (NDB), siempre que se este a una distancia mayor de 25 millas náuticas de la estación. Sin embargo, como la señal emitida esta interferida por la clave, se producirán oscilaciones en el Radiocompás (ADF).

SISTEMAS DE NAVEGACION DOPPLER.

Este sistema esta basado en el "Efecto Doppler", fenómeno que se presenta para cualquier onda de carácter vibratorio incluyendo las radio-frecuencias. Tratándose de ondas audíbles puede apreciarse el efecto Doppler al acercarse o alejarse la fuente de sonido; al acercarse, el tono sube; al alejarse, el tono baja.

Si a bordo de un avión se instala un transmisor de radio que emita una señal dirigida hacia tierra y un receptor que reciba la señal reflejada, cuando el avión está en movimiento, se manifestará el efecto Doppler en la diferencia de frecuencias entre la señal emitida y la recibida.

Los sistemas de Doppler radar, cuyo principio de funcionamiento es la utilización del efecto Doppler aplicado a ultra alta frecuencia, proporciona información de Velocidad Absoluta, Angulo de Deriva, Distancia Remanente al Destino y Distancia Fuera de Ruta.

La información se logra enviando a tierra cuatro haces de onda continua de 8800 megahertz y midiendo el cambio de frecuencia de la energía reflejada que será proporcionada a la velocidad del avión en la dirección hacia donde se dirige el haz. Calculando los desplazamientos en las cuatro direcciones en las cuales se dirigen los haces, el Sistema Radar Doppler proporciona en una carátula la velocidad absoluta y el ángulo de deriva.

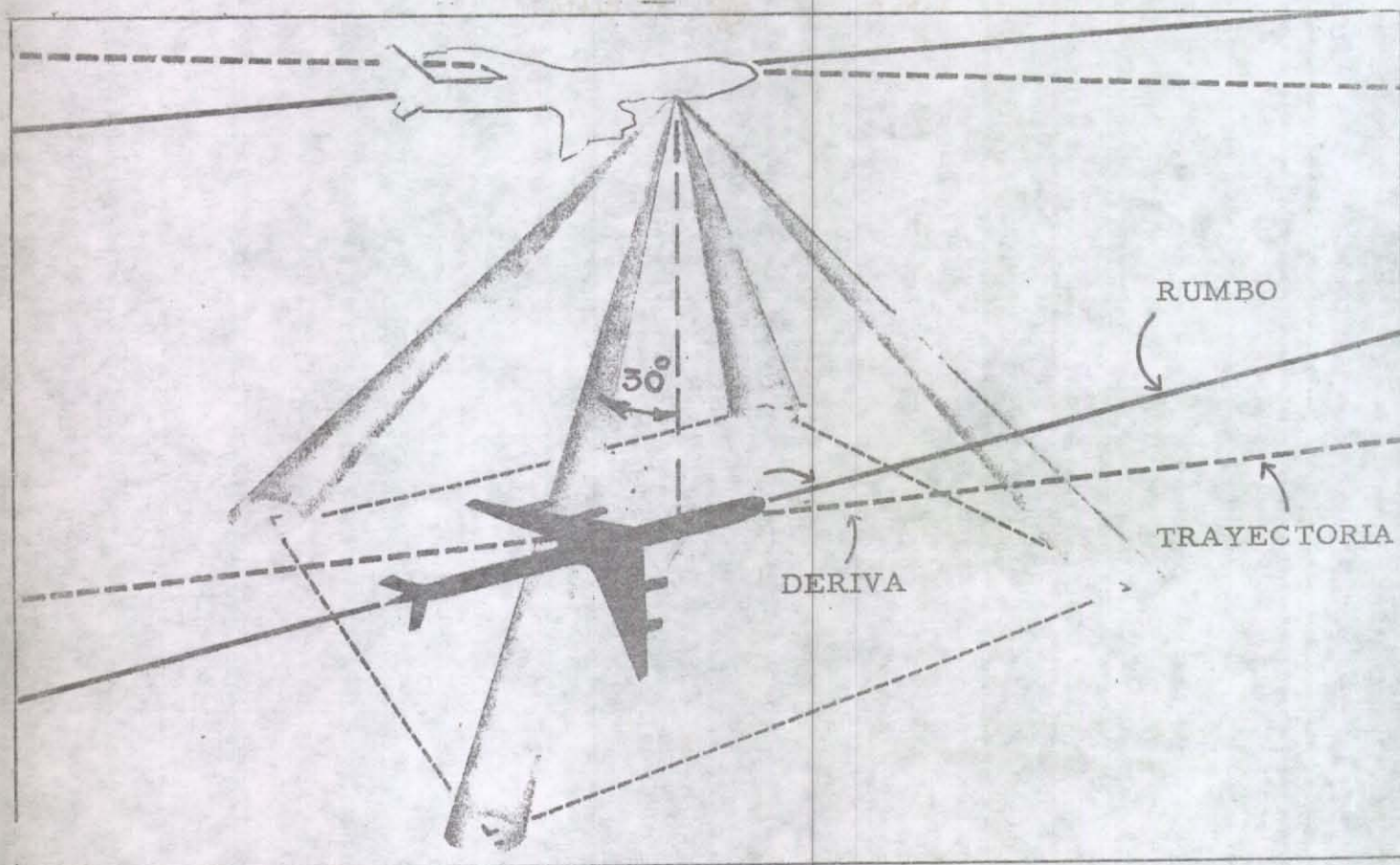


FIGURA No. 132

Combinando la información de deriva con el rumbo del avión y la velocidad absoluta, se alimenta un Computador de Navegación que calcula en forma automática y continúa la posición del avión con relación a una trayectoria y a un destino seleccionado.

Se tienen a bordo sistemas dobles y ambos deben estar operando con el fin no solo de respaldarse uno con otro, sino como un medio de comparar su funcionamiento. Solamente uno de los sistemas transmite, sin embargo, ambos sistemas comparten las señales recibidas y cada uno las procesa independientemente.

Sistema Radar Doppler DRA -12/CPA 24.- Este sistema es totalmente automático en su operación y para que trabaje solo es necesario conectarlo aproximadamente 90 segundos, después de haber rebasado una velocidad absoluta de 80 nudos, el equipo emitirá y recibirá las señales procesandolas para dar en el indicador correspondiente la velocidad absoluta y el ángulo de deriva.

Procedimiento de "Memoria".- Para que un sistema Doppler informe sobre velocidad absoluta y ángulo de deriva, emite haces de energía hacia la superficie (mar o tierra) y recibe la energía reflejada, sin embargo, bajo ciertas condiciones, el sistema puede perder su señal.- Si esto sucede, opera un circuito de "memoria"; esto es, retiene la última información recibida y la usa como información al computador de navegación, de tal modo que siempre se tenga lectura en los indicadores.

En vuelo hay dos condiciones bajo las cuales puede perderse la señal; cuando se hacen maniobras extremas, o cuando se vuela sobre el mar extremadamente tranquilo.

Ángulos de cabeceo hasta de 45° y ángulos de alabeo hasta de 60° no causa desaparición de señal cuando se vuela a altitudes menores de 30 000 pies. A altitudes mayores que esta o cuando se vuela sobre el agua, la desaparición de la señal puede ocurrir con pequeños ángulos de cabeceo o alabeo.

El Interruptor de Ajuste.- El interruptor de ajustes (Increase/Decrease, Left/Right), en el tablero de control del Doppler cambia las lecturas de velocidad absoluta y ángulo de deriva (GS/DA) y la información que alimenta al computador, pero no tiene efecto en el sistema de trayectoria. Este interruptor solo se usa para efectos de prueba.

Sistema de Computador de Navegación.- Una vez que se han ajustado los datos de derrota y distancia correspondientes a un segmento del vuelo en el computador, su operación es completamente automática. Los datos para el primer segmento se ajustan en la sección "A" localizada al lado izquierdo de la caja de control del computador, los datos del segundo segmento se ajustarán en la sección "B" al lado derecho. El selector de sección se coloca en "ON" hacia la sección "A".

El interruptor de control de funciones en el computador debe estar en la posición "STBY" (Stand-by) hasta estar sobre el punto considerado de partida, en este punto se cambiará el interruptor a la posición "AUTO" para que principie la operación automática. El indicador de millas fuera de ruta (Offset Miles) debe colocarse en "00" a menos que el avión partiera de un punto diferente al designado de partida, en cuyo caso se pondría la correspondiente distancia.

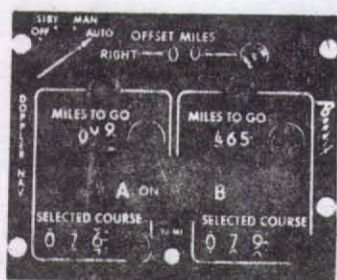


FIGURA No. 133

Ajustes de Datos para los Segmentos de Vuelo 3,4, etc.- El interruptor de secciones "A" y "B", pasará automáticamente a "B" cuando el primer segmento de vuelo se haya terminado. Ahora pueden poner

se los datos del tercer segmento en la sección "A" que se encuentra inactiva; al terminarse el segundo segmento el interruptor pasará a "A" y podrán ponerse los datos para el cuarto segmento en la sección "B".

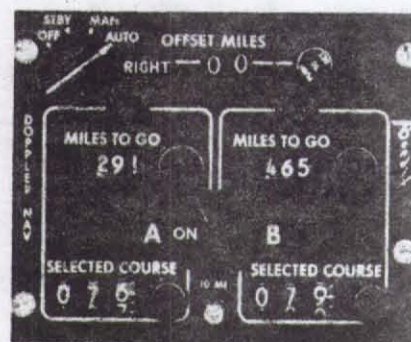


FIGURA No. 134

Debe ponerse la información en la sección inactiva inmediatamente después de que el interruptor cambia la sección.

Si en la sección inactiva se lee 000 millas (miles to Go) y el interruptor de control de funciones esta en "auto", no debe intentarse cambiar de sección en forma manual.

Corrección de Datos a la Información del Computador.- Si se nota algún error en la información de la sección activa en cualquier momento del vuelo, se puede corregir sin que se afecte el funcionamiento del sistema.

Por ejemplo; si en el indicador del computador se tiene 00 millas fuera de ruta y una posición determinada por otro medio indica estar 5 millas a la derecha de la derrota deseada, se puede mover el botón de "OFFSET MILES" para obtener la lectura 05 derecha (Right 05). Una corrección similar puede hacerse en el dato de distancia ("Miles to Go").

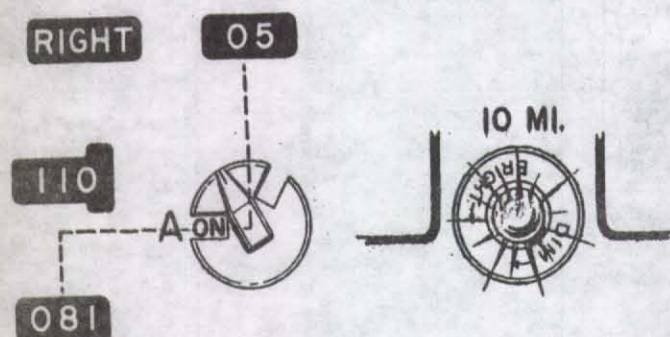


FIGURA No. 135

En la misma caja del computador de navegación, hay un pequeño foco (10 MI) de alerta, que indica al piloto cuando faltan 10 millas náuticas para terminar el segmento de ruta seleccionado. En el momento que la luz se encienda, debe comprobarse que se tienen ajustados los datos del siguiente segmento de ruta en la sección inactiva del computador.

Un Vuelo Tipo. - En esta parte se ilustra un vuelo típico de una ruta dividida en tres segmentos de la estación 1 a la estación 2 -- con los puntos de comprobación intermedios I y II. La distancia --

del primer segmento es de 525 millas náuticas y su derrota -- (Course) es 076° en la figura, la ilustración (a) muestra el control del computador, en el cual se han ajustado los valores de distancia y derrota para los dos primeros segmentos, en el punto de partida. En (b) el avión ha volado 250 millas náuticas y por tanto le falta 275 para llegar al punto I (Miles to Go) y está 2 millas náuticas a la izquierda de la ruta. En (c) el avión ha vuelto a la trayectoria y está solo a 9 millas del punto I, la luz de 10 millas está encendida. En (d) el avión está sobre el punto I y en forma automática el selector de sección del computador pasa a "B", donde previamente se han ajustado los datos del segundo segmento. En este segmento, las condiciones meteorológicas requieren una desviación de la trayectoria planeada (e). La lectura de millas al punto II (Miles to Go) sigue indicando la distancia al punto a lo largo de la trayectoria original así que cuando el avión regresa a trayectoria (f), la lectura de millas al punto sea aún correcta y no dependa de la distancia total volada.

Cuando la sección "A" del computador quedó inactiva, debe ajustarse en ella los valores de distancia y derrota (Course), correspondientes al tercer segmento (510 y 081°).

Al llegar al punto II, el selector de sección pasará automáticamente hacia "A" y por ser este el segmento final, el interruptor de funciones del computador se ajustará en manual -- (man).

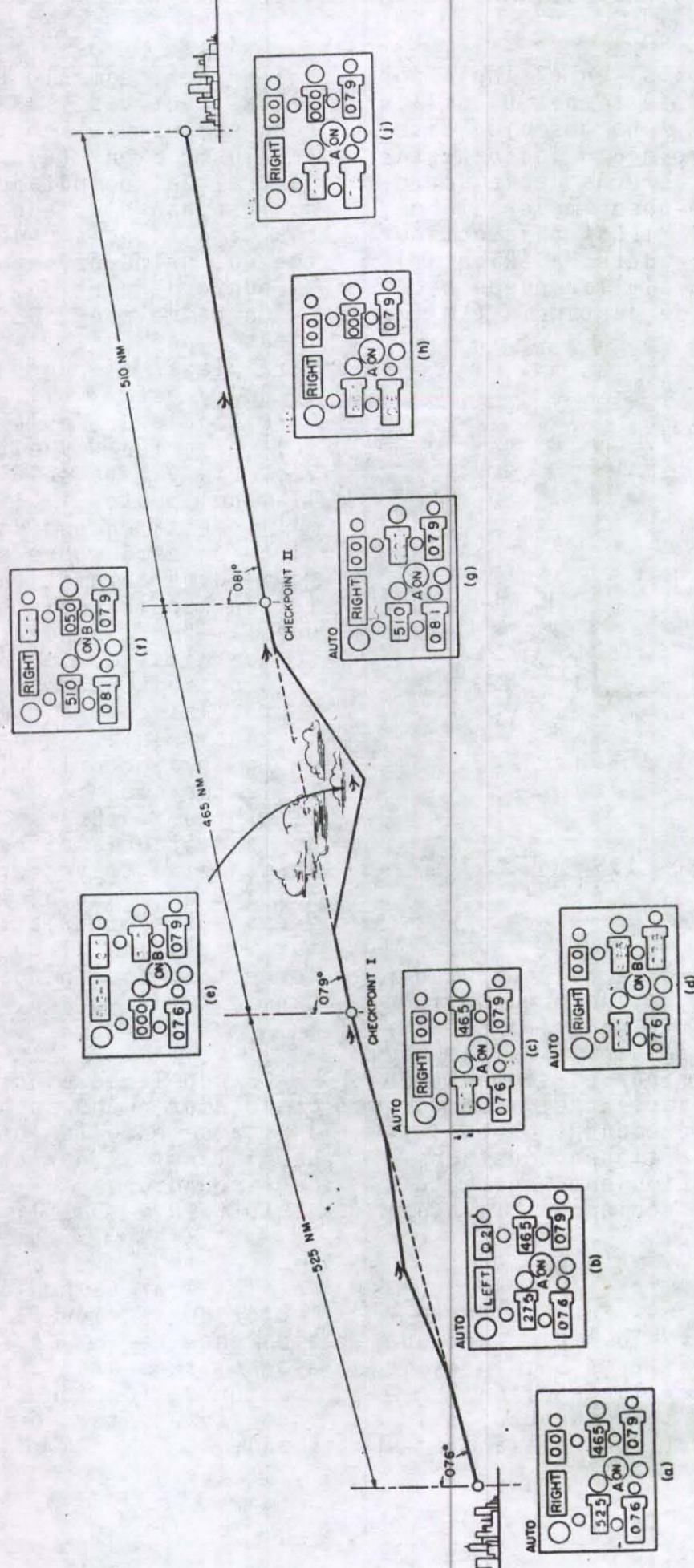


FIGURA No. 136

Operacion del Sistema.

COMPROBACION EN TIERRA

- a) Se coloca la perilla de control del Doppler 2 en "OFF" o en "REC ONLY".
- b) La perilla de control del Doppler y el switch "LAND/SEA" en "LAND".

Durante los siguientes 90 segundos, primero la luz de alarma en el papel de control se apagará, después la bandera en el indicador "GS/DA" desaparecerá y por último, en el mismo indicador "GS/DA" aparecerá una lectura de velocidad absoluta de 600 ± 3 nudos y una deriva de ± 0.5 grados izquierda.

- c) Ahora se pasa el switch LAND/SEA a la posición de "SEA".

La indicación de velocidad absoluta (GS) aumentará a 604 ± 3 nudos.

- d) Se pasa la perilla de control del Doppler 1 a la posición "OFF".

- e) Se repiten los mismos pasos para el Doppler 2.

C
COMPROBACION DE LA COMPUTADORA DE NAVEGACION.

En esta parte se prueba la exactitud del sistema y es necesario utilizar el reloj con segundo del panel de instrumentos, o en su defecto, cualquier reloj suficientemente exacto y con control de segundos. Para la prueba se procede en la forma siguiente:

- a) Perilla Doppler 2 en "OFF".
- b) Perilla Doppler 1 en "TEST".
- c) Switch LAND/SEA EN "LAND".



FIGURA No. 137

- d) La velocidad absoluta (GS) debe ser 600 ± 3 nudos y la deriva 20 ± 0.5 grados izquierda.
- e) Se observa y registra el rumbo que será la base de información para el sistema.

Precaución: Asegúrese de que la brújula esté totalmente estabilizada antes de proceder a la prueba.

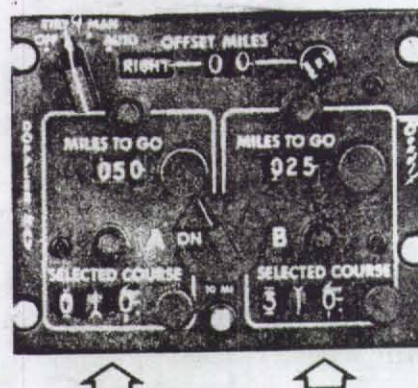


FIGURA No. 138

- f) Se lleva el control de funciones de la caja del computador a la posición "STBY".
- g) En la sección "A" se ajusta una derrota (Course) igual al rumbo leído en la brújula menos 20°.
- h) En la sección "B" se pone una derrota (Course) igual al rumbo observado menos 80°.
- i) En la sección "A" se pone una distancia 050 (miles to Go).
- j) En la sección "B" la distancia ajustada debe ser 025.
- k) En la ventanilla "OFFSET MILES" se ajusta "RIGHT 00".
- i) El interruptor de secciones se pone "ON" en la sección "A".

El computador esta ahora programado y listo para empezar su comprobación de 10 nudos.

- m) El control de funciones del computador se pasa de "STBY" a la posición "AUTO".

En la ventanilla "MILES TO GO", la distancia empieza a disminuir a razón de 10 millas por minuto. Entre 10 y 9 millas la luz (10 MI) debe encenderse. Durante la operación de la sección "A", en la ventanilla "OFFSET MILES" debe permanecer la lectura de "00".

Después de 5 minutos ± 4 segundos en la sección "A" debe leerse 000 "MILES TO GO" y el interruptor de secciones pasará en forma automática a "ON" en la sección "B". Quedando la sección "A" inactiva.

La lectura de distancia en la sección "B" debe disminuir a razón de 5 millas por minuto.

En la ventana "OFFSET MILES" empezarán a aumentar valores a la izquierda.

- n) En la sección "A" se ajusta 020 en "MILES TO GO".

Cuando la distancia en la sección "B" este entre 10 y 9 millas, aparecera la luz (10 MI).

Después de 5 minutos \pm 4 segundos en la ventana "MILES TO GO" de la sección "B" debe leerse - 000 y en la ventana "OFFSET MILES" $43 \pm 3/10$ LEFT.

El interruptor pasará automáticamente a "ON" en "A".

- o) Se pasan las perillas de control del Doppler 1 y del computador 1 a "OFF".
- p) Se siguen los mismos pasos para el sistema 2.

II.-OPERACION ANTES DEL DESPEGUE.

- a) La perilla de control del Doppler 1 se pone en "ON". La del Doppler 2 en "REC ONLY". Aparecerá la bandera en el indicador GS/DA.
- b) En Doppler 1 y en 2 se lleva switch "LAND/SEA" a posición "LAND".
- c) El control de funciones de los computadores 1 y 2 se coloca en "STBY".
- d) Se ajustan los valores de distancia y derrota magnética (Magnetic Course) correspondientes al primer segmento, en la sección "A" de ambos computadores.
- e) Se ajustan los valores de distancia y derrota magnética (Magnetic Course) del segundo segmento en la sección "B" ambos computadores.

- f) En los dos computadores se ajusta "RIGHT 00".
- g) En los dos computadores se pone el interruptor de secciones "ON" en "A"

III.OPERACIONES EN VUELO.

- a) Poco después del despegue se observa si el indicador GS/DA en ambos sistemas proporciona los mismos valores de velocidad absoluta y deriva; y si la luz de alarma se ha apagado, desapareciendo también la bandera.
- b) Generalmente, para vuelos sobre el mar se coloca el switch LAND/SEA en la posición "SEA", si no se dejará en "LAND". Sin embargo, cuando se sabe que el mar no está tranquilo, es probable lograr mayor exactitud con switch en "LAND".
- c) Al llegar al punto de partida, en ambos sistemas se pondrá el control de funciones del computador en "AUTO".ahora la sección "A" empezará a calcular la posición de la aeronave.
- d) Cuando la luz (10 MI) se enciende, faltarán 10 millas para terminar el segmento -- ajustado y se comprobará que en la sección "B" se tienen ajustados los valores para el segmento siguiente.
- e) Cuando en la sección "A" se lea 000 distancia, en ambos

computadores y en forma automática, el interruptor de secciones pasará "ON" a la sección "B".

Precaución: Si en la sección inactiva se lee 000 (MILES TO GO) y el control de funciones está en "AUTO NO TRATE DE CAMBIAR DE SECCIÓN MANUALMENTE".

- f) Cuando la sección "A" queda inactiva se ajustarán en ella los valores del tercer segmento de ruta; si hay más segmentos se irá repitiendo la operación en la misma forma.
- g) En el último segmento se ajusta el control de funciones en "MAN" para evitar que al llegar al destino se haga transferencia automática que pueda dañar el equipo.

SISTEMA DE NAVEGACION OMEGA -- (ONS).

El Sistema de Navegación Omega, es un sistema de navegación mundial para todas las condiciones meteorológicas y que usa las señales transmitidas por una red de estaciones omega en tierra y por otra red de estaciones de muy baja frecuencia (VLF) de la marina de los Estados Unidos. El sistema de navegación omega a bordo se sincroniza automáticamente a estas señales y continuamente presenta la información de navegación que se requiere para vuelos de largo y corto alcance.

La Red Omega en tierra, debe estar constituida por ocho esta-

ciones transmitiendo con una potencia nominal de salida de 10 kilovatios; las estaciones se localizan en los siguientes lugares: 1-A en Noruega, 2-B en Liberia, 3-C en Hawaii, 4-D en North Dakota, 5-E en la Isla de la Reunión, 6-F en Golfo Nuevo Argentina, 7-G en Australia y 8-H en Japon.

Cada una de las estaciones Omega transmite tres frecuencias básicas de navegación; 10.2 Khz, 13.6 Khz y 11.3 Khz, en un formato secuenciado de tiempo preciso. Este formato está arreglado de tal manera que durante cada período de transmisión solamente tres estaciones están radiando al mismo tiempo, cada una a una frecuencia diferente, después sigue un tiempo de dos décimos de segundo sin transmisión, luego nuevamente tres estaciones transmiten al mismo tiempo cada una a una frecuencia diferente y así sucesivamente. Este formato con ocho estaciones se repite cada diez segundos.

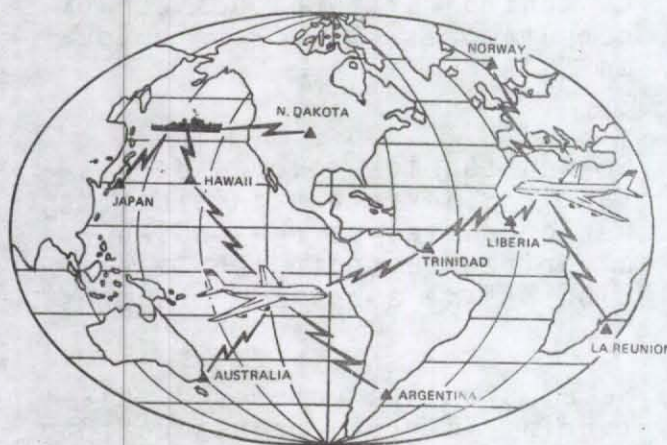


FIGURA N). 121. ESTACIONES OMEGA

Forma de la señal Omega.

Intervalo de Transmisión (seg.)	Comienzo				10 segundos				Comienzo			
	0.9	1.0	1.1	1.2	1.1	0.9	1.2	1.0	0.9	1.0	1.1	1.2
Estación A (kHz)	10.2	13.6	11.33									
B		10.2	13.6	11.33								
C			10.2	13.6	11.33							
D				10.2	13.6	11.33						
E					10.2	13.6	11.33					
F						10.2	13.6	11.33				
G	11.33						10.2	13.6	11.33			
H	13.6	11.33						10.2	13.6	11.33		

► 4 0.2 segundos

FIGURA No. 121B.

El sistema de navegación omega de a bordo sincroniza su formato interno al formato de emisión -- de las estaciones omega en tierra y capta un mínimo de tres estaciones, la selección de estaciones es automática y se basa en las condiciones de alcance, relación señal ruido, geometría e interferencia modal. El alcance se refiere a que solo se seleccionan estaciones que están de 25 a 6850 MN del avión. La relación señal ruido se refiere a la elección de estaciones que tengan más señal que ruido. Por geometría se entiende que cuando una estación está ya en uso, cualquier otra estación cuya línea de posición quede dentro de 10° con respecto a la línea de posición en uso se deseleccionan automáticamente. La interferencia modal es la inestabilidad que experimentan las señales de las estaciones durante períodos de salida y puesta de sol; estas estaciones se deseleccionan automáticamente en estos períodos.

Las ondas de radio de las estaciones omega se transmiten en una forma omnidireccional desde una antena, de tal forma que estas ondas parecen estar estacionarias en el espacio. Esto es que

la fase de una señal que se recibe en un punto fijo siempre es la misma.

Con dos estaciones radiando al mismo tiempo las señales se cruzan en puntos donde las fases recibidas son las mismas. Si tales puntos se unen se obtendrán líneas hiperbólicas, las cuales son líneas de diferencia de fase constante y ocurren cada mitad de longitud de onda. Entre cada dos líneas hiperbólicas -- existe una zona llamada corredor (lane). El ancho de este corredor es variable y su anchura mínima ocurre en la línea -- que une dos estaciones, esta línea se llama línea base.

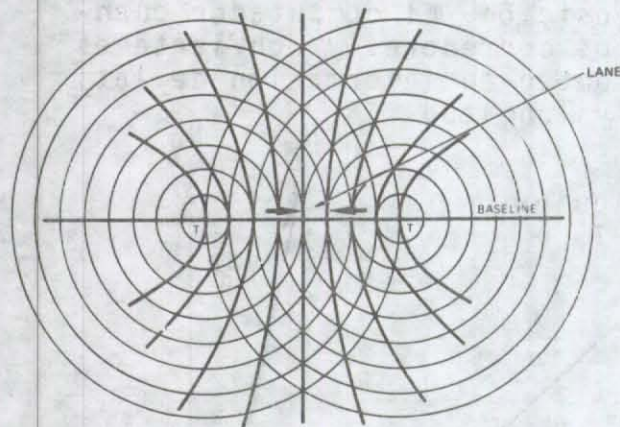


FIGURA No. 122

El computador del omega a bordo mide la diferencia de fase de las señales para determinar las líneas hiperbólicas de posición dentro del corredor, como muestra la línea A-B de la figura; usando una tercera estación se establece otra línea de posición, la línea B-C de la figura 123.

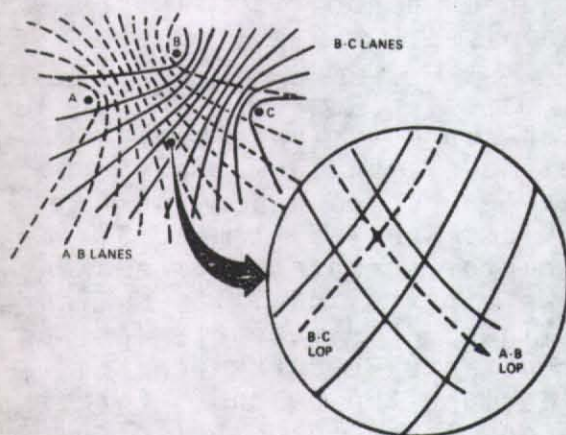


FIGURA No. 123

Las informaciones navegacionales que proporciona o se insertan a un sistema omega de navegación son las siguientes: la fecha (mes y día), la hora media de Greenwich (GMT), la posición (lat y long), hasta 9 puntos de ruta en lat y long (waypoints), distancia perpendicular a la trayectoria (XTK), ángulo de error de trayectoria (TKE), distancia (MN) tiempo estimado (ETE), viento (D/V), deriva (DA), trayectoria (TK), trayectoria deseada (DTK), rumbo (HDG), velocidad verdadera (TAS), hora estimada de llegada (ETA), velocidad absoluta (GS), derrota hacia el siguiente wpt (CRS).

La intersección de las líneas de posición proporcionan un fijo de posición. El computador cuenta los corredores y convierte este conteo en información de latitud y longitud.

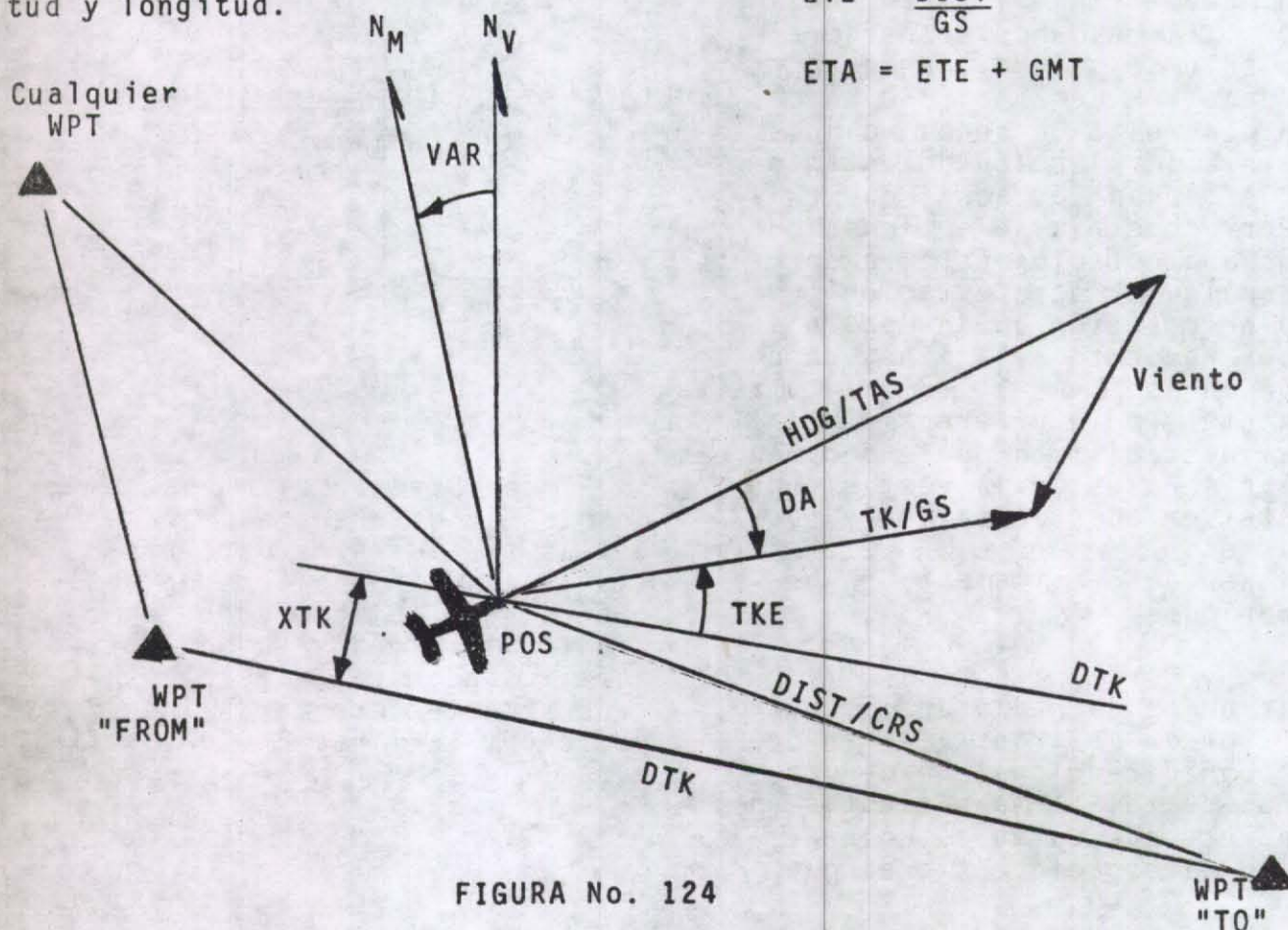


FIGURA No. 124

La fecha y la hora media de Greenwich se inserta al sistema y después este las actualiza constantemente. La posición es la localización del avión sobre la superficie de la tierra expresada en latitud y longitud, esta información se inserta inicialmente al sistema y conforme el avión va volando el sistema la actualiza.- Los puntos de ruta (waypoints), son las referencias a lo largo de un plan de vuelo, expresados en latitud y longitud esta formación se inserta al sistema antes del vuelo.- La distancia perpendicular a la trayectoria (XTK), es la distancia a la que está el avión a la derecha, o a la izquierda de la trayectoria deseada, esta información la proporciona el sistema.- El ángulo de error de trayectoria (TKE), es aquel en que la trayectoria real del avión esta a la izquierda o a la derecha de la trayectoria deseada, esta información la proporciona el sistema.- La distancia la, proporciona el sistema en millas náuticas y es aquella de círculo máximo entre la posición actual del avión y el siguiente wpt.- El tiempo estimado en ruta (ETE) es el tiempo requerido para llegar al siguiente wpt a la velocidad absoluta actual esta información la proporciona el sistema.- El viento lo proporciona el sistema.- La deriva causada por el viento la proporciona el sistema.- La trayectoria (TP) es la proyección sobre la tierra del movimiento real del avión, se mide en grados a partir del norte y la proporciona el sistema.- La trayectoria deseada (DTK) es el ángulo a partir del norte hasta la línea que une dos wpt's, esta información la proporciona el sistema.

El rumbo (HDG) es el ángulo entre el meridiano y el eje longitudinal del avión, esta información

la proporciona el sistema obteniéndola del sistema de brújula del avión.- La velocidad verdadera (TAS) es la que tiene el avión respecto a la masa de aire que lo rodea y se mide a lo largo del eje longitudinal del avión, esta información la proporciona el sistema obteniéndola de los sistemas del avión.

La hora estimada de llegada (ETA) al siguiente punto de ruta (WPT), en horas, minutos y segundos, la proporciona el sistema expresada en hora media de Greenwich (GMT).

La velocidad absoluta (GS) es la que tiene el avión con respecto al terreno sobre el cual vuela, esta información la proporciona el sistema.- La deriva (CRS) hacia el siguiente punto de ruta (WPT), es el ángulo entre el meridiano y la línea del avión al siguiente wpt, esta información la proporciona el sistema.

El sistema omega de a bordo consiste en tres unidades reemplazables, estas son: la unidad de control y presentación "CDU", la unidad receptora y procesadora "RPU" y la unidad acopladora de antena "ACU"

La unidad de control y presentación (CDU) proporciona al operador todos los controles, indicadores y la formación necesaria para la operación. La CDU se usa para aplicar la potencia al sistema, insertar la posición actual, la hora y la fecha, las coordenadas de los puntos de la ruta y el rumbo y la velocidad verdadera cuando estos no están disponibles del sistema del avión.

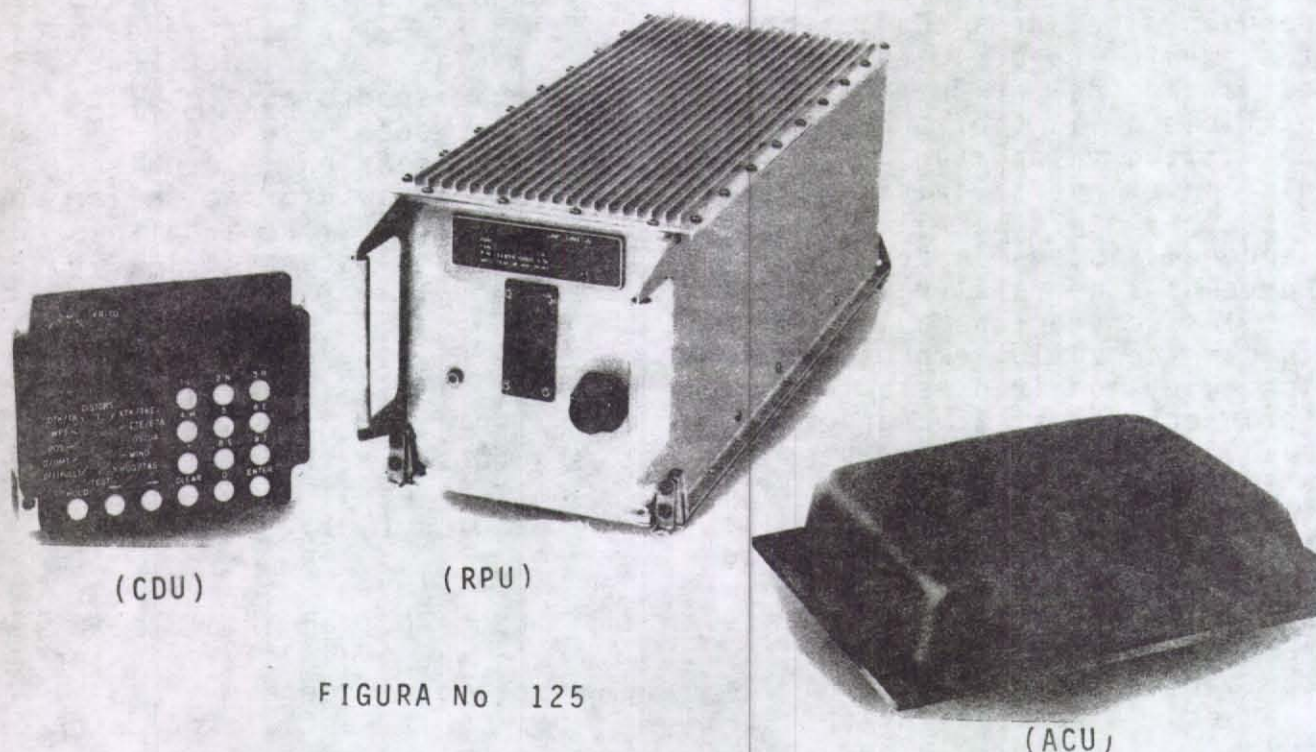


FIGURA No 125

La CDU se usa también para mostrar los diferentes parámetros del vuelo, así como condición del sistema e indicaciones de falla. El operador inserta datos, o los obtiene utilizando un selector de funciones y un teclado de datos. Las indicaciones de alarma y condición del sistema se muestran en una ventanilla. Una tecla de cambio de trayectoria (TRK-CHG), permite al operador hacer cambios de trayectoria, e interrogar sobre la trayectoria entre pares de puntos. Un selector A-M-R da flexibilidad en la secuencia a través de los puntos seleccionados.

La unidad receptora y procesadora (RPU) contiene la mayor parte del sistema electromagnético, recibe las señales de radio frecuencia a través de la unidad acopladora de antena (ACU), en unión con el suministro de rumbo y de velocidad verdadera procedentes del sistema del avión, así como

de los datos insertados, con esto tiene capacidad para proporcionar la posición actual en todo momento y los parámetros de navegación mencionados.

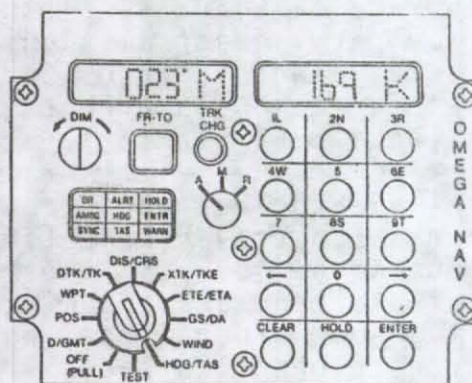


FIGURA No. 126

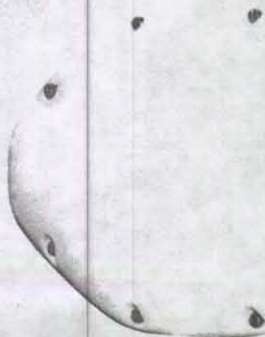
La RPU contiene tres canales de radio frecuencia, los circuitos medidores de tiempo y fase, la unidad procesadora central, la memoria electrónica de entrada y salida, sincrónico digitales y la fuente de poder.

OTROS SISTEMAS DE NAVEGACION ELECTRONICA



(RPU)

UNIDAD RECEPTORA Y PROCESADORA



(ACU)

UNIDAD ACOPLADORA DE ANTENA

FIGURA No. 127

La unidad acopladora de antena (ACU), consiste en dos antenas de cuadro a 90° una de otra y con preamplificadores activos integrados. El uso de las antenas de campo "H" para la recepción omega reduce la susceptibilidad a la precipitación estática que de otra manera causaría pérdida de la señal de muy baja frecuencia (VLF) a bordo del avión.

La operación del sistema de navegación omega se reduce: a) en prevuelo a una programación de fecha, hora media de Greenwich, posición actual y coordenadas de los puntos de la ruta deseada b) durante el vuelo - a una correcta interpretación de los parámetros navegacionales que muestran según la selección hecha con el selector de funciones.

HOJA INTENCIONALMENTE DEJADA EN BLANCO

SISTEMA INERCIAL DE NAVEGACION (INS)

Este sistema se considera como el último y más exacto intento para solucionar el problema de navegación consistente fundamentalmente en determinar la posición actual de una nave en movimiento. El equipo ha sido ampliamente experimentado y bajo condiciones ideales se ha logrado mantener un avión en trayectoria con desviaciones no mayores de una milla en vuelos hasta de dos mil millas.

El INS puede considerarse totalmente confiable en cualquier parte, ya que su funcionamiento no depende de ninguna instalación en tierra ni lo afecta las condiciones meteorológicas.

El funcionamiento del sistema se basa en las leyes de movimiento, aprovechando la inercia giroscópica y las fuerzas de inercia al reaccionar una masa ante una fuerza impulsora que le imprime aceleración y aunque el trabajo interno del sistema es extremadamente complejo, los principios básicos de su funcionamiento pueden ser descritos en una forma relativamente simple.

En la Figura No. 139, podemos ver que si suspendemos una plomada apuntará hacia el centro de la tierra, pero si movemos en cualquier dirección horizontal el punto de suspensión, la plomada formará un ángulo con la vertical y mientras más rápido sea el desplazamiento, mayor será el ángulo, si la velocidad se mantiene constante, el ángulo también.

En la Figura No. 140, hemos incluido una rosa de los vientos, dependiendo de la dirección de desplazamiento del pun-

to de suspensión de la plomada, esta tenderá a dirigirse en dirección opuesta al movimiento. Ahora tenemos dos informaciones: un ángulo proporcional a la velocidad y una dirección de movimiento, si con ellos alimentamos una computadora podemos obtener de ella distancia recorrida en una dirección determinada.

El comportamiento de la plomada, ó más correctamente del acelerómetro, depende del efecto de la gravedad. En un cuerpo en movimiento tal como un avión el acelerómetro formará un ángulo con la vertical que cambiará por efecto de las aceleraciones, conociéndose esos valores, puede obtenerse de los acelerómetros información en términos de velocidad absoluta y si además el acelerómetro esta dirigido en dirección opuesta al movimiento del cuerpo, es posible determinar la trayectoria seguida. Si hacemos uso de dos acelerómetros, uno indicando desviaciones respecto al eje norte sur y el otro respecto al eje este-oeste, podremos obtener la posición del móvil en cualquier momento.

Hasta ahora hemos considerado sólo el movimiento horizontal, pero en el caso del avión, este puede ascender y descender cambiando su posición de vuelo, en estas condiciones los acelerómetros darían indicaciones erróneas, para evitarlo es necesario montar los acelerómetros en plataformas que se mantengan siempre horizontales, esto se puede lograr con un sistema Cardan o Gimbal como el de la Figura No. 141, pero para dar rigidez al sistema y que la plataforma permanezca horizontal a pesar del movimiento del avión respecto a sus ejes

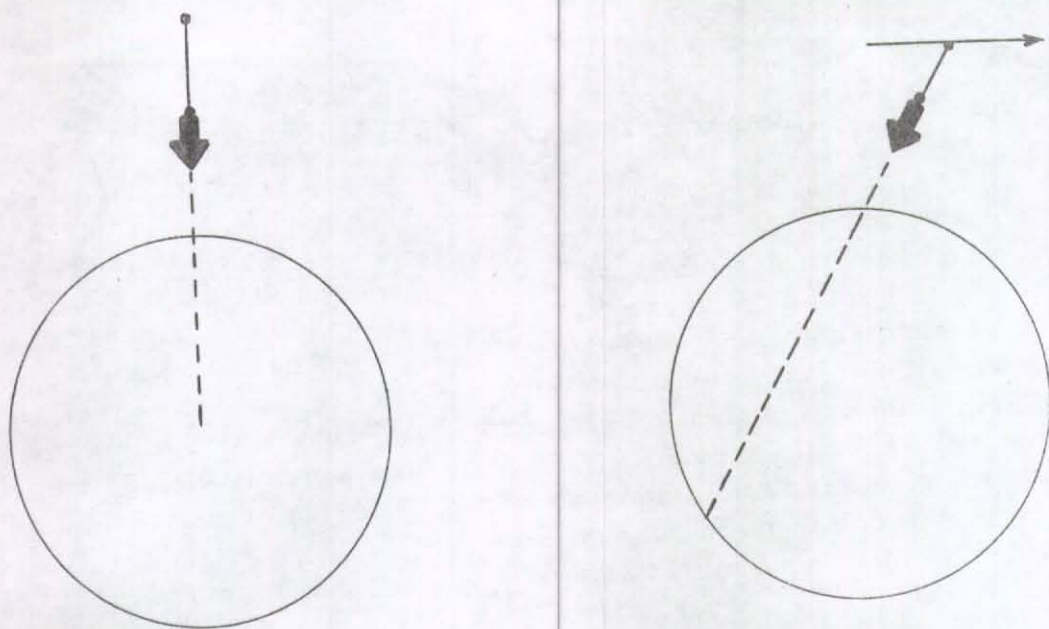


FIGURA No. 139

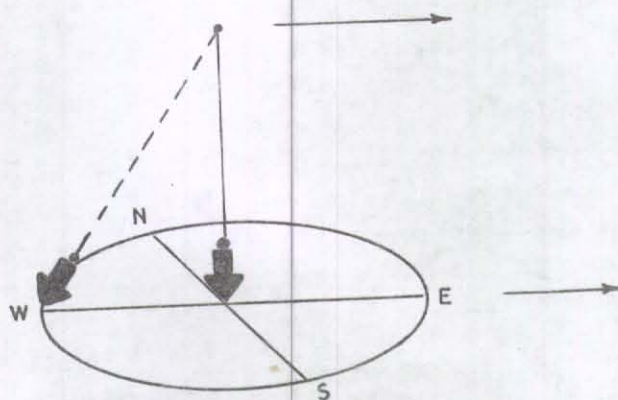


FIGURA No. 140

transversal y longitudinal, se monta un gir6scopo en el centro de la plataforma (Figura No. 142). Ahora debemos considerar el movimiento de rotaci6n de la tierra, en la Figura No. 143, puede apreciarse que a las 1200 la plataforma esta nivelada y paralela a la superficie de la tierra, pero al girar la tierra, cuatro ho-

ras m6s tarde, a las 1600, la plataforma seguir6 con la misma orientaci6n, pero ya no paralela a la superficie de la tierra. Durante toda la rotaci6n terrestre la plataforma permanecer6 r6gida hacia un punto del espacio, pero cambiando el 6ngulo respecto a la horizontal; esto inducir6 un gran error en los

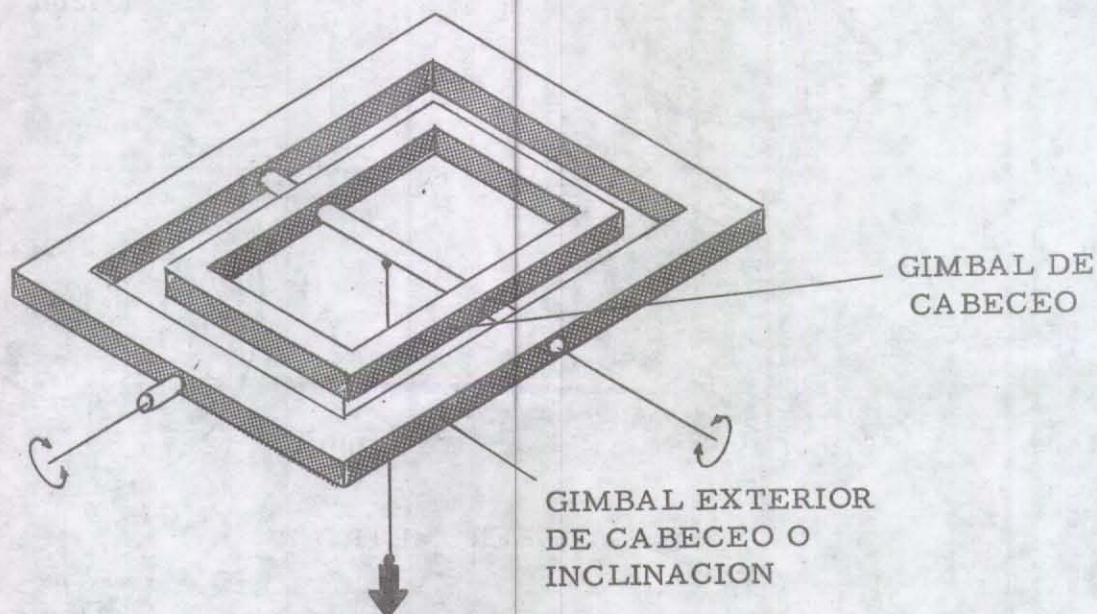


FIGURA No. 141

acelerómetros y es por tanto necesario introducir una fuerza que incline la plataforma de acuerdo a la rotación de la tierra para que en todo momento permanezca horizontal, lo cual se logra enviando una señal eléctrica que cause en los giróscopos un pequeño movimiento angular dependiente de la latitud y proporcional a la rotación de la tierra, aunque el proceso es complicado, esencialmente lo que se logra es lo ilustrado en la Figura No. 144.

Por último se tiene otro efecto a compensar; el avión al desplazarse paralelo a la superficie de la tierra sigue una trayectoria curva y como se puede ver en la Figura No. 145, al llegar a su destino la plataforma ya no estará horizontal, una vez más la programación de la computadora hace uso de la información de los efectos gravitacionales por cambio de posición aplicando la corrección correspondiente para lograr el resultado que se ve en la Figura No. 146 y

la plataforma estará horizontal en el punto de partida, en el de destino y en todos los puntos intermedios.

Antes de la operación en vuelo el INS debe alinearse, es decir permitir que los giróscopos completen la nivelación de las plataformas y puedan crear una referencia respecto al norte verdadero, una vez que el sistema está alineado y ha recibido las coordenadas de su posición actual, esta en condiciones de alimentar a la computadora con datos de velocidad, distancia y dirección, pudiéndose entonces obtener directamente de la computadora en cualquier momento toda la información de navegación necesaria.

Definiciones sobre la información proporcionada por el INS: (Figura No. 147)

- True Heading (TH) - Rumbo Verdadero: Es el ángulo entre el meridiano verdadero y el eje longitudinal del avión.

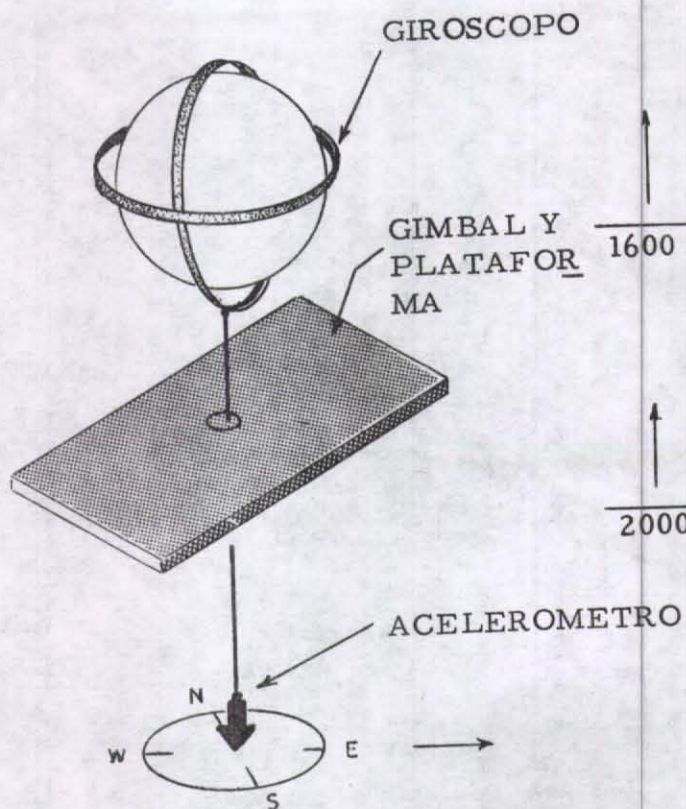


FIGURA No. 142

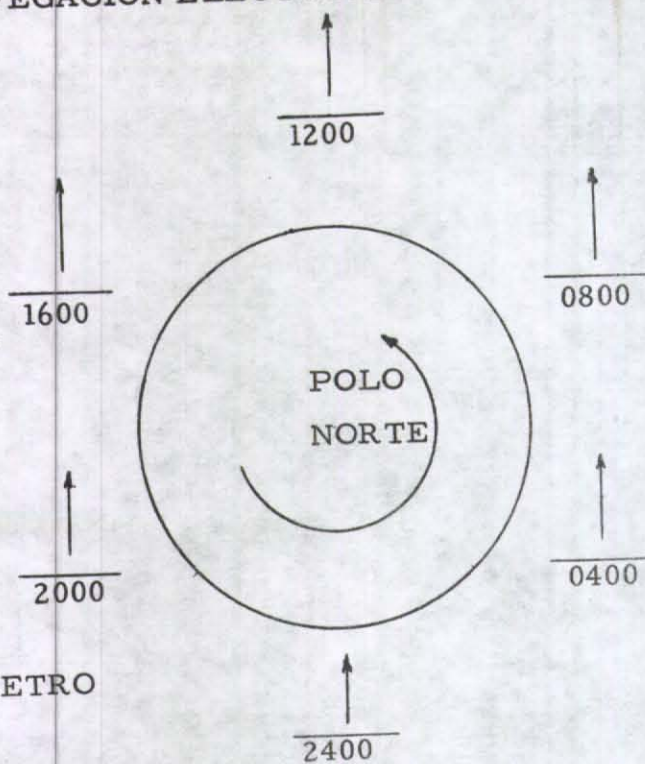


FIGURA No. 143

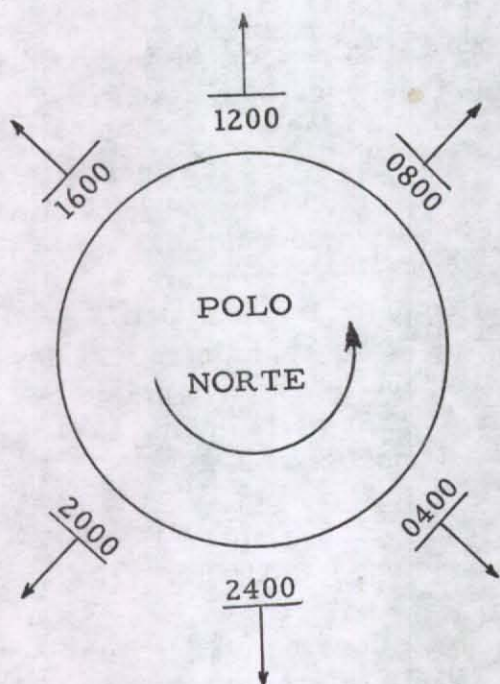


FIGURA No. 144

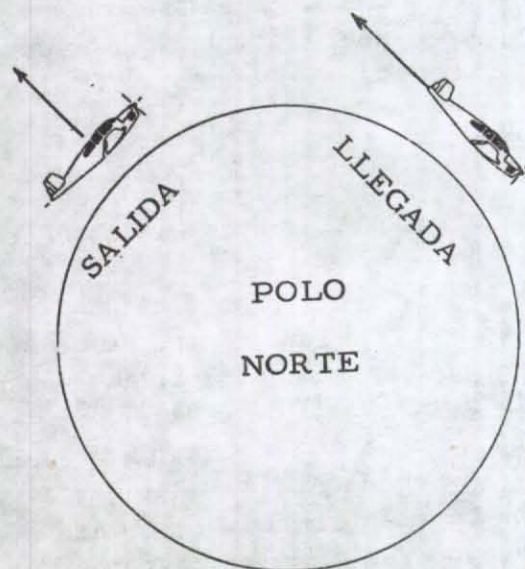


FIGURA No. 145

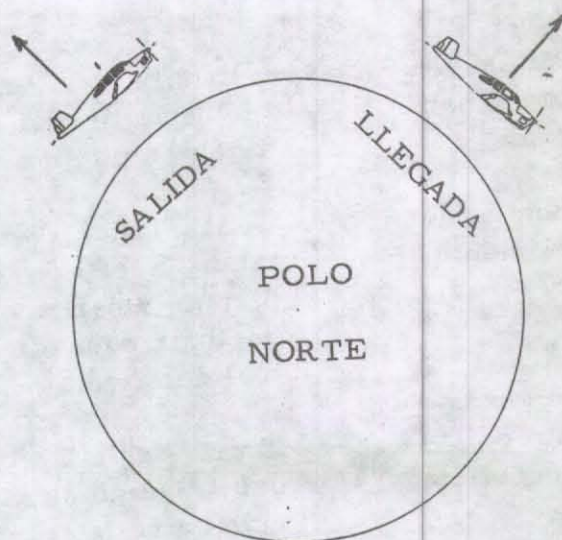


FIGURA No. 146

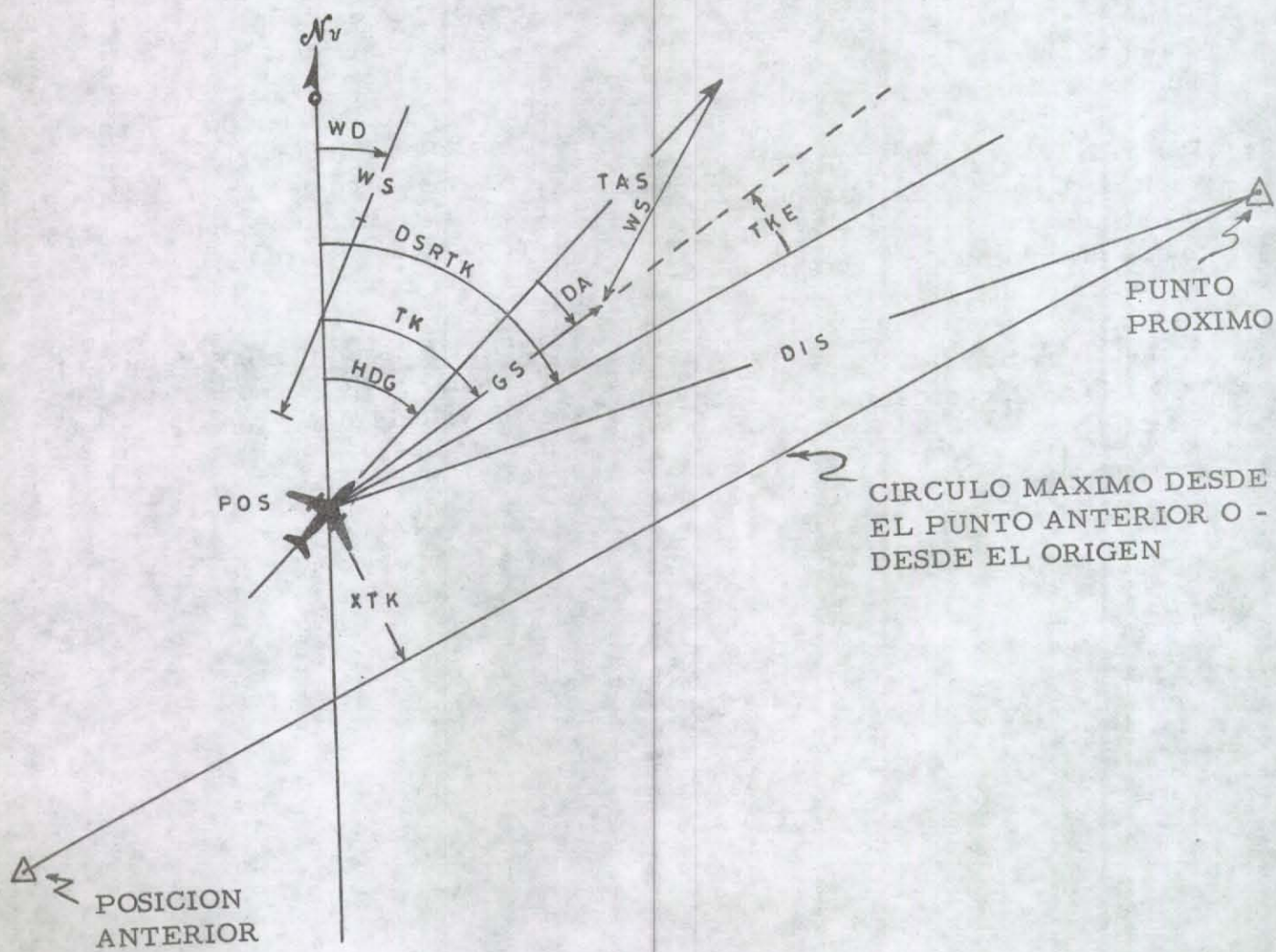


FIGURA No. 147

- Wind Speed (WS) - Velocidad del viento: Es la velocidad del viento respecto a la superficie de la tierra.
- Wind Direction (WD) - Dirección del viento. Es de donde viene el viento - referido al norte verdadero.
- Track Angle (TK) - Trayectoria. Es el ángulo entre el meridiano verdadero y la línea de movimiento del avión proyectada sobre la superficie de la tierra.
- Ground Speed (GS) - Velocidad Absoluta. Es la que tiene el avión respecto a tierra.
- Drift Angle (DA) - Angulo de Deriva. Es la diferencia angular entre el rumbo verdadero y la trayectoria.
- Desired Track Angle (DSRTK) - Trayectoria Deseada. Es el ángulo entre el meridiano verdadero y el tramo de círculo máximo comprendido entre dos puntos de la tierra.
- Present Position (POS) - Posición Presente. Son las coordenadas, latitud y longitud, del punto sobre la superficie de la tierra, directamente bajo el avión en un momento dado.
- Cross Track Distance (XTK) - Distancia Fuera de Trayectoria. Es la distancia perpendicular desde la trayectoria deseada hasta la posición actual del avión.
- Track Angle Error (TKE) - Error del Angulo de Trayectoria. Es el ángulo entre la trayectoria que sigue el avión y la deseada.
- Distance (DIS) - Distancia. Es la medida en el arco de círculo máximo entre dos puntos de la tierra expresada en millas náuticas.
- Time (TIME) - Tiempo. Es aquel expresado en minutos que hay que volar por el arco de círculo máximo desde la posición presente al próximo punto de acuerdo a la velocidad absoluta actual.
- True Air Speed (TAS) - Velocidad Verdadera. El INS no la determina, es la velocidad del avión respecto a la masa de aire que lo rodea.

Para mostrar la operación del Sistema Inercial de Navegación, se ha seleccionado un vuelo desde el Aeropuerto de Barajas, Madrid, al Aeropuerto Internacional de Miami.

El vuelo simulado se inicia con una salida standard por instrumentos - (SID) de Barajas, Madrid, continúa por aerovías hasta Aveiro, después ruta de tiempo mínimo hasta "QUEBEC" directo a "KBV", aerovía a Bi

mini y termina en el Aeropuerto de Miami.

Primero se llevan a cabo los procedimientos señalados para antes de iniciar el vuelo, durante estos procedimientos se insertan las coordenadas de la presente posición, (en este caso la 26 de Madrid) N 40° 28.1', - W 003° 33.2' (WPT O, AUTO/MAN/RMT en RMT ó MAN y por separado cada INS).

AM0451 16.09.76 LEMD TO KMIA DC1030 XADUG BLEF CRUISE 084 ALT.KTPA
CAPT CREW 23 VMET 18Z PAYLOAD 28000KG FOB 90153KG BLK1415Z
TOW238153KG LW164600KG FLTIME 08H15M AUGWINDM006KTS CLIMBTEMP P06
--TO-- FL MT TAS WIND RTM DER G/S NM T/NM TP T/T BRN TBRN
LEMD DEP 006 0006
ACD 4035N X X X X X 331.6 X X 008 0008 01 0001 X X
00340W
NVS 4022N X X X X X 251.6 X X 029 0037 04 0005 X X
00415W
TOC 31 43 X X X 284.1 P02 X 103 0140 17 0022 064 0070
FMA 4036N 31 43 496 300038 284.1 P02 461 015 0155 01 0023 003 0073
00649W
1 AI 4036N 31 43 497 296032 278.5 P02 467 089 0244 11 0034 019 0092
00846W
2 4100N01500W 31 42 498 290025 285.0 P01 474 284 0528 36 0110 060 0152
3 4100N02000W 31 41 499 300021 282.5 P01 481 226 0754 28 0138 046 0198
4 4100N03000W 31 40 500 302018 285.6 P01 485 453 1207 56 0234 091 0289
5 3900N04000W 35 49 490 311014 274.5 P01 482 475 1682 59 0333 091 0381
6 3700N05000W 35 49 490 330019 276.6 P02 484 487 2169 60 0433 088 0469
7 3550N05500W 35 48 491 338016 274.5 P02 489 251 2420 31 0504 043 0511
8 3430N06000W 35 48 491 008008 271.4 P01 495 258 2678 31 0535 042 0534
9 QUEB 3333N 35 48 491 063008 258.8 M01 499 118 2796 14 0549 019 0572
06205W
1 KBV 3222N 35 48 491 058014 257.3 P00 505 149 2945 18 0607 023 0595
06441W
2 CRAM 3059N 35 48 491 039019 250.3 P01 509 152 3097 18 0625 023 0619
06710W
3 CHER 2942N 35 48 491 018026 248.3 P02 511 140 3237 16 0641 021 0640
06925W
4 CASH 2823N 35 47 492 334021 246.4 P02 494 146 3383 18 0659 022 0662
07145W
5 DRCY 2728N 35 47 492 277021 244.1 P02 476 100 3483 13 0712 016 0678
07320W
6 DEXT 2558N 35 47 493 234013 242.6 P00 480 166 3649 21 0733 026 0704
07555W
TOD 35 46 493 190017 268.0 M02 489 122 3771 15 0748 018 0722
7 ZBV 2542N X X X X X 268.0 X X 059 3830 X X X X
07916W

- Durante el proceso de alineamiento, con el Selector de Modo en "STBY", puede procederse a insertar las coordenadas de los primeros 9 puntos de comprobación (WAYPOINTS), aunque esto también puede completarse más tarde.

La inserción se hace con AUTO/MAN/RMT en "RMT" escogiendo uno de los tres INS como transmisor para los otros dos y cuidando de cambiar WPT a 1, 2, 3, etc., según el progreso de inserción (selector de datos en WPT).

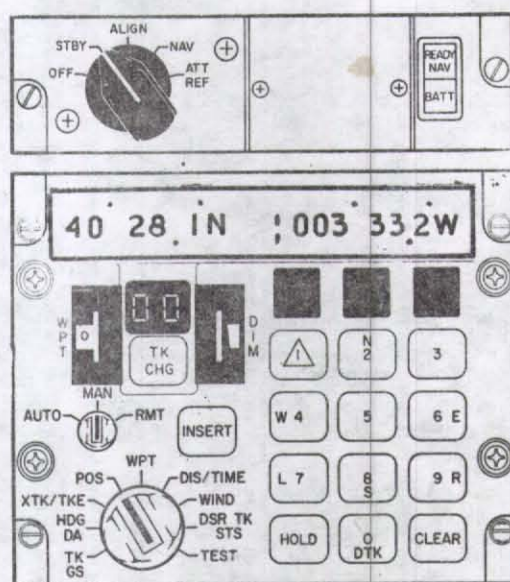


FIGURA No. 148

Tomaremos como primer punto de comprobación Aveiro, WPT 1, AI - N 40° 36', W 008° 43.3', a continuación el WPT 2 corresponde al FIR - N 41° 00', W 15° 00' para seguir WPT 3, N 45° 00', W 20° 00', WPT 4, N 41° 00', W 030° 00', WPT 5, N 39° 00', W 040° 00', WPT 6, N 37° 00', W 050° 00', WPT 7, N 35° 50', W 055° 00', WPT 8, N 34° 30'N, W -

060° 00' y WPT 9, N 33° 33', W 062° 05'.

Al terminarse el proceso de alineamiento de los sistemas se encenderá la luz verde "READY NAV" y el Selector de Modos podrá pasarse a "NAV" siempre antes de mover el avión.

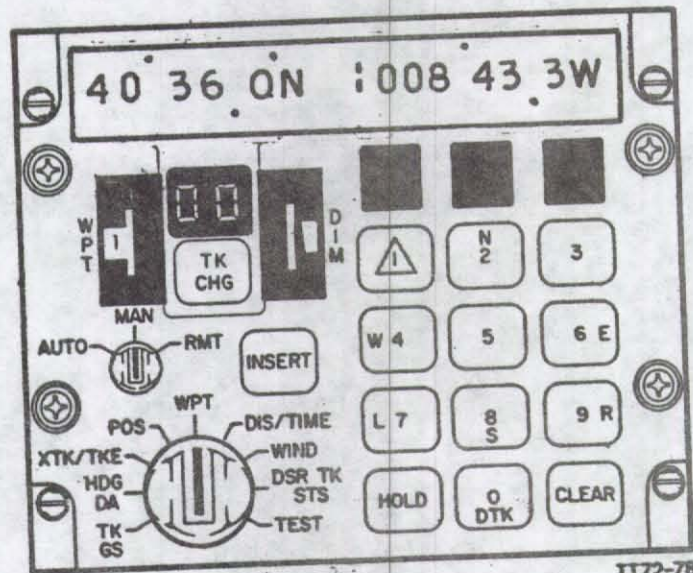
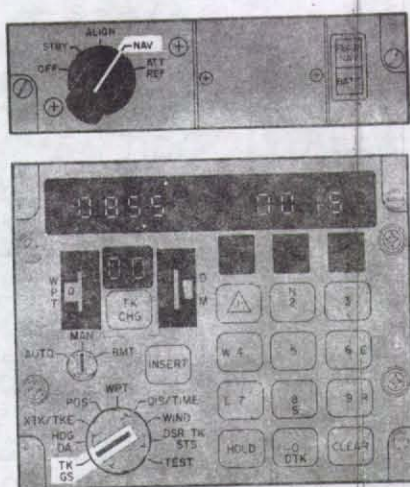


FIGURA No. 149

Durante el carreteo puede vigilarse el funcionamiento de los sistemas. -
Poniendo el Selector de Datos del -
INS 1 en "POS", se verá que la lati-
tud y la longitud que aparecen en la-

pantalla van cambiando y si en el -
INS 2 se tiene seleccionado "TK/GS" -
se verá en la parte izquierda de la -
ventana la trayectoria seguida y al -
lado derecho la velocidad absoluta.

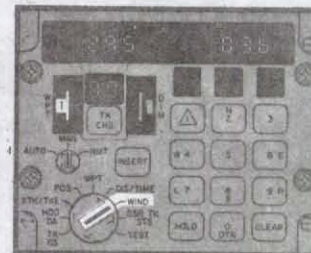
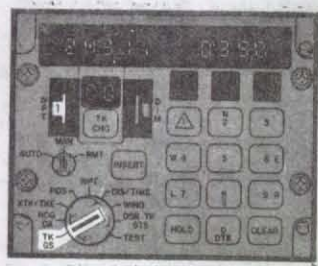
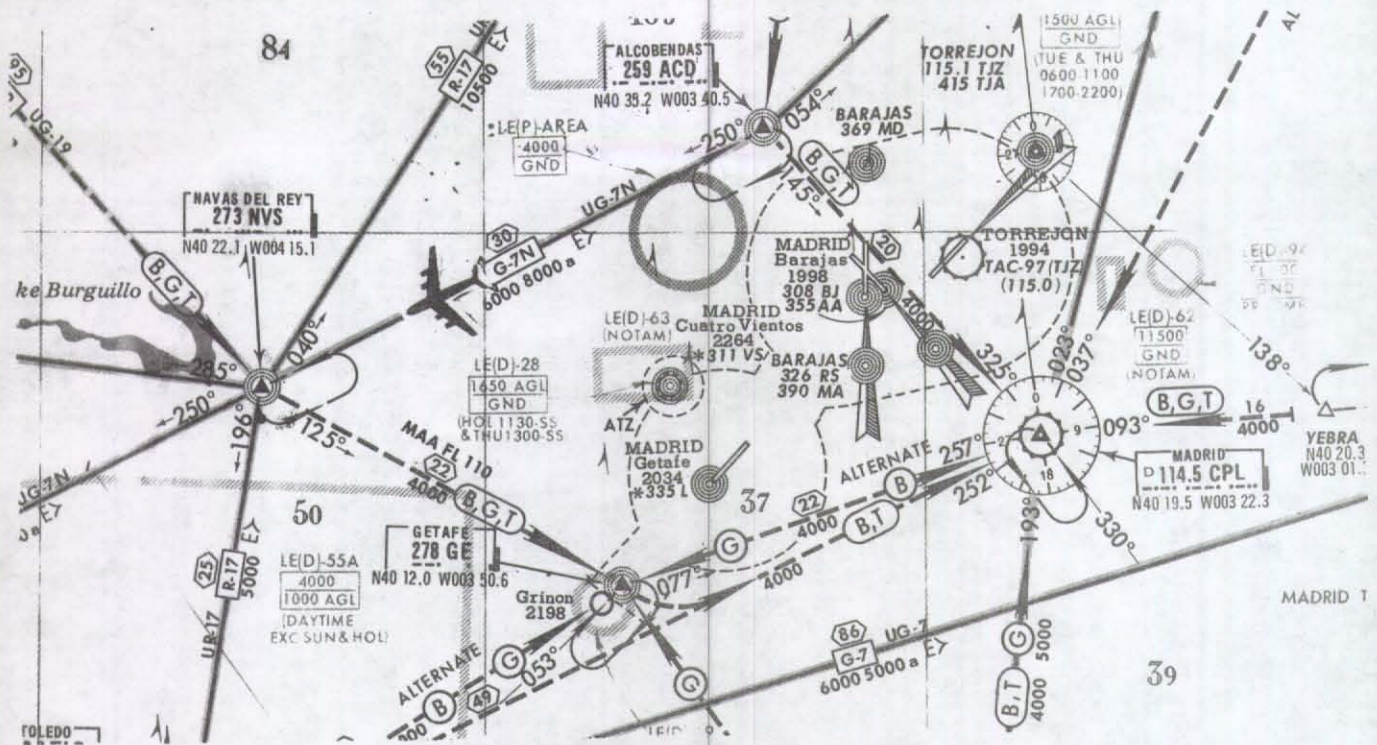


TT72-79

FIGURA No. 150

- El control ha asignado el "SID" "NAVAS ONE DEPARTURE", durante la salida controlada, la tripulación pue

de comprobar en un INS la trayectoria y la velocidad absoluta (TK/GS) y en otro ver la dirección y velocidad del viento (WIND).

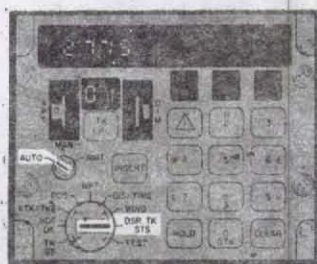
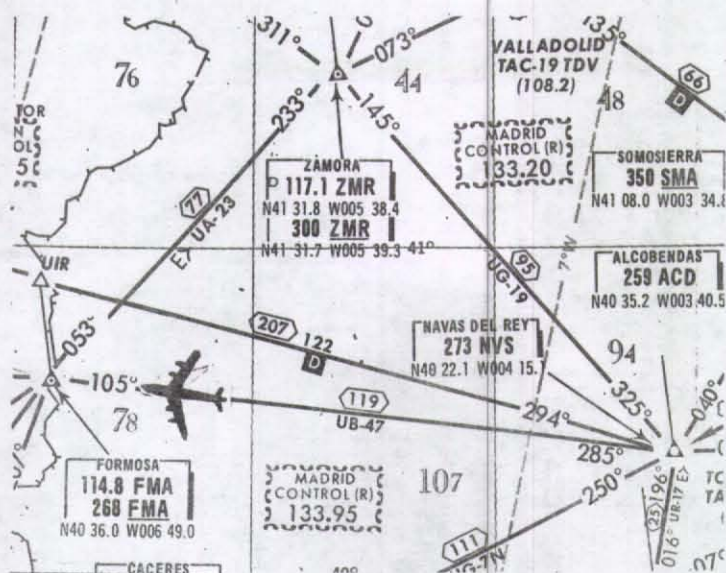


TT72-80A

FIGURA No. 151

Después de pasar sobre "NAVAS", el CTA autoriza volar directamente hacia Aveiro, (WPT 1), entonces se oprime las teclas TK/CHG o DTK, 1, e "INSERT", con el Selector AUTO/MAN/RMT en "AUTO". El sistema determinará la trayectoria deseada-

desde la posición actual (WAYPOINT O) hacia el punto 1, si el Selector de Datos está en "DSR TK/STS", el valor de esta trayectoria aparecerá - del lado izquierdo de la ventana. El avión volará directamente hacia el - punto 1.



TT72-81

FIGURA No. 152

Después del viraje hacia el punto 1, - el selector de datos del INS 1 se pone en "XTK/TKE" y cuando la lectu-

ra es cero, se está en la trayectoria hacia "1".

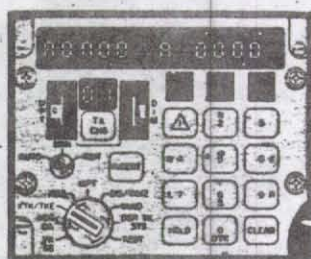
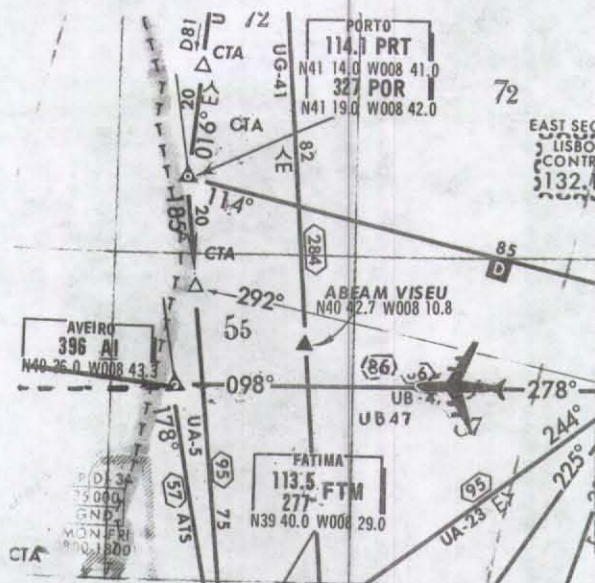


FIGURA No. 153

Volando hacia el primer punto, pueden determinarse diferentes valores según la selección que se haga; por ejemplo si en el "INS 1" se seleccio-

na "XTK/TKE" y se lee cero, es que el avión está en trayectoria; si en el "2" se selecciona "DIS/TIME" indica 50 millas náuticas y 6.2 minutos al punto 1.

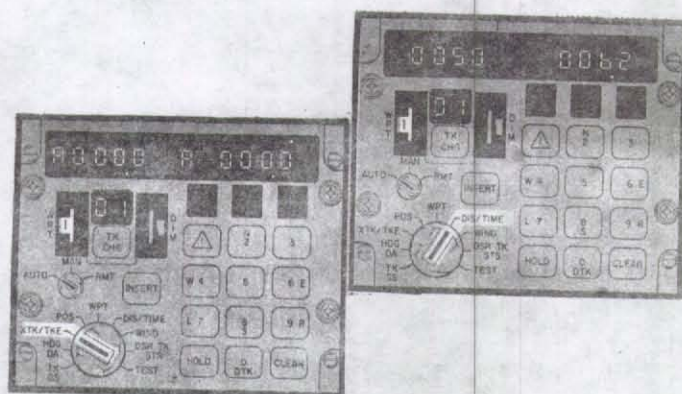
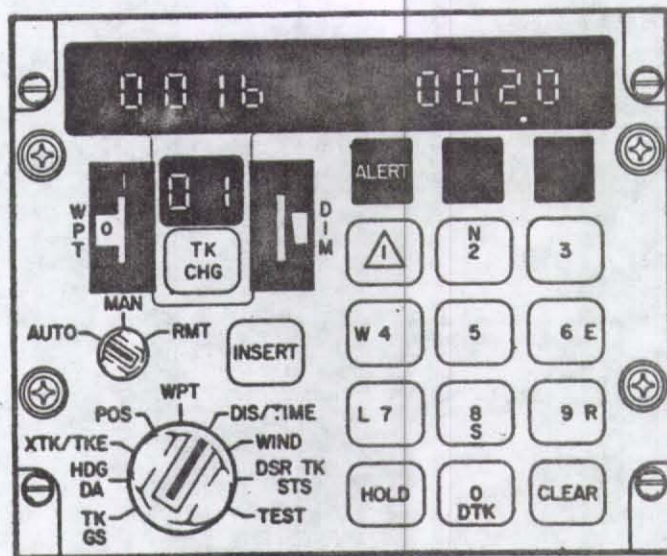


FIGURA No. 154

Cuando la luz "ALERT" se enciende, el avión está a 2 minutos del punto 1 y deberá comprobarse que se tienen

insertadas correctamente las coordenadas que corresponden al siguiente punto (WAYPOINT 2).



TT72-84

FIGURA No. 155

Treinta segundos antes de llegar al punto 1, el Indicador FROM/TO cambiará de (0-1) a (1-2) y la luz de alerta se apagará. El sistema en forma automática calculará la información necesaria para volar hacia el punto-2.

Antes de cambiar la trayectoria, la parte izquierda de la ventana mostrará una distancia fuera de trayectoria

de 1.5 millas náuticas a la izquierda y un ángulo de error de 32.0° a la derecha. Estando el piloto automático conectado al sistema, el avión automáticamente hará la transición hacia la nueva trayectoria.

La ventana del INS 2, muestra que el avión está a 284 millas náuticas y a 35 minutos del punto 2.

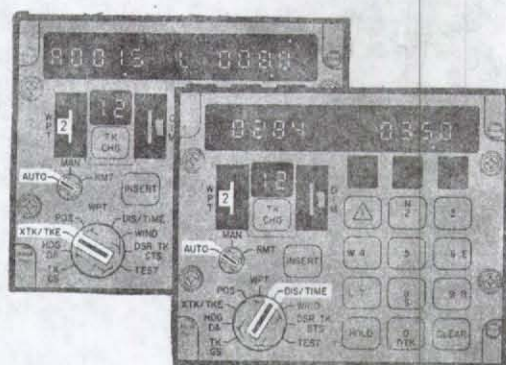


FIGURA No. 156

Si después del cambio automático de trayectoria, se selecciona en el INS 1 "XTK/TKE" y en el INS 2 DSR TK/

STS, podrá verse en uno si se está en trayectoria y sin ángulo de error y en el otro la trayectoria de círculo máximo del punto 1 al 2.

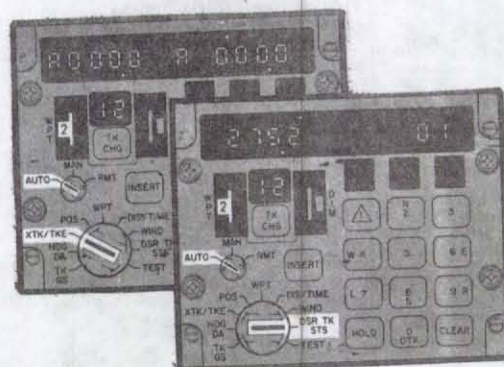
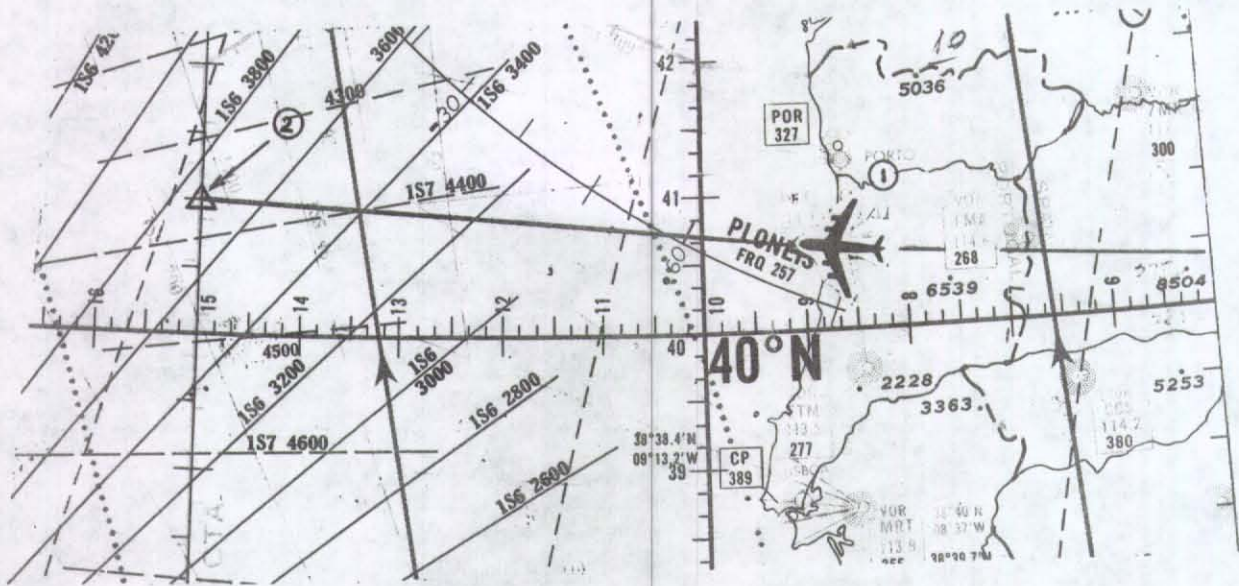


FIGURA No. 157

Durante el vuelo podrá determinarse en cualquier momento la dirección y velocidad del viento; así mismo actualizar la hora estimada (ETO) a cualquiera de los puntos de la ruta de acuerdo con los cambios de viento.

Para determinar la distancia y tiempo al punto 9 a partir de una posición presente, se pasa el selector "AU-

TO/MAN/RMT a "RMT", el Selector de Datos a "DIS/TIME", se oprimen las teclas, "TK CHG", "ODTK", "9R", "INSERT" y en la ventana aparecerá la distancia desde la posición actual al punto 9 a través de los puntos programados del plan de vuelo y el tiempo en minutos siguiendo la ruta a la velocidad absoluta actual.

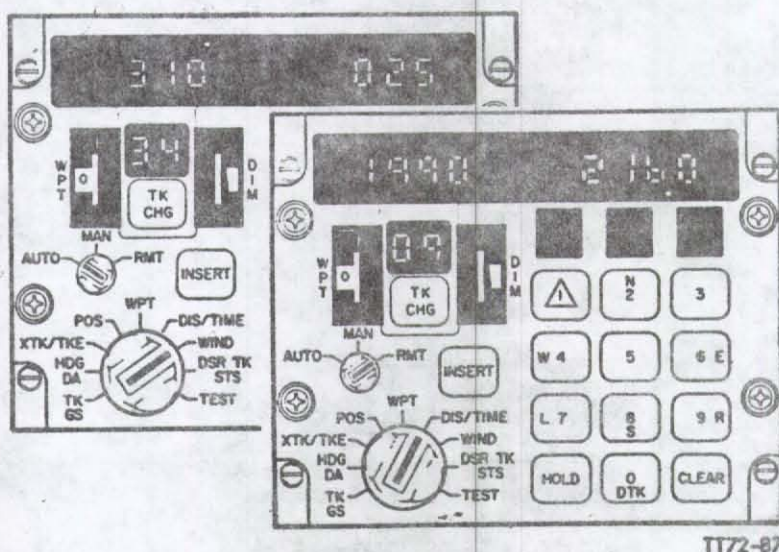
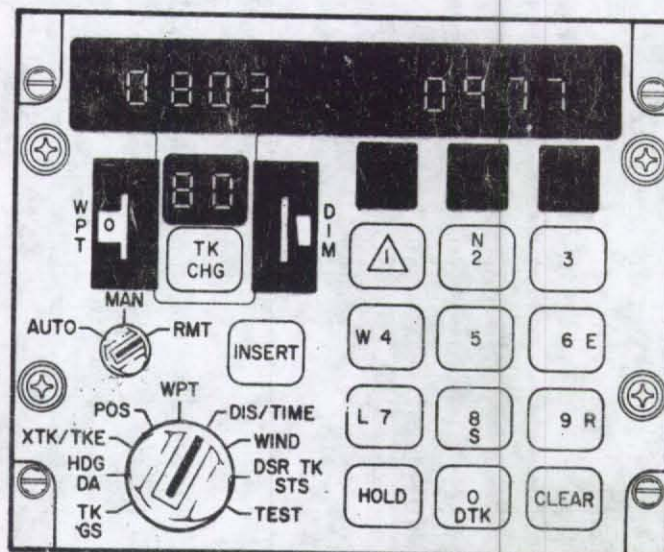


FIGURA No. 158

Si se desea la distancia y el tiempo en forma directa y por circulo máximo desde la posición presente a un punto cualquiera de la ruta, se procede como en el caso anterior solo invirtiendo el orden en que se oprimen las teclas; por ejemplo: Se requiere la distancia por circulo máximo

mo y el tiempo de vuelo desde la posición presente al punto 8. Selector "AUTO/MAN/RMT" en "RMT" Selector de Datos "DIS/TIME" teclas "TK CHG", "8S", "0 DTK", INSERT en la ventana aparecerá la distancia en millas náuticas y el tiempo en minutos.



TT72-88

FIGURA No. 159

Después de pasar el punto 5 se encuentran condiciones adversas de tiempo, por lo que el Capitán decide abrirse de la trayectoria hacia la derecha, - para esto selecciona un rumbo magnético 320° , que estima suficiente - para dejar a la izquierda las malas condiciones de tiempo. Cuando se desea regresar a la ruta se puede optar entre tres formas de hacerlo: Si la distancia fuera de trayectoria es menor de 60 millas náuticas, se puede seleccionar un rumbo para interceptar la trayectoria, en este caso - podría ser el 230° , después se conecta nuevamente el INS al piloto auto--

mático y el avión al interceptar la - trayectoria entre los puntos 5 y 6, la - tomará para seguir directamente hacia el 6. Puede también programarse desde la posición presente hacia el punto 6 (0-6), o desde la posición presente a 7 (0-7). Si la distancia fuera de ruta ha sido mayor de 60 millas náuticas, para lo cual fué necesario pedir autorización, debe optarse por el primer - procedimiento y regresar a la trayectoria antes de 100 millas náuticas a partir de la posición actual, a menos que se tenga autorización para volar directamente a 6 6 7.

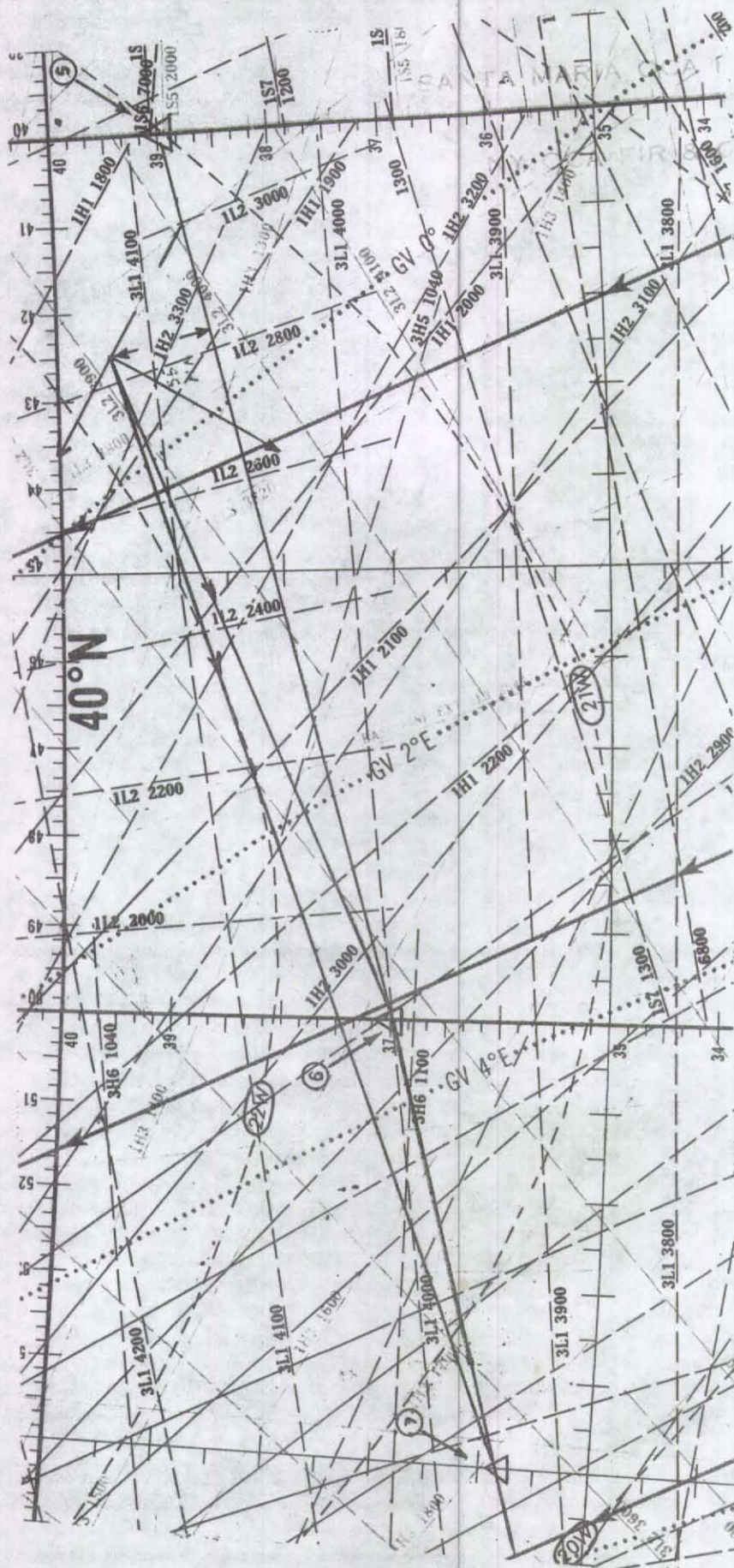


FIGURA No. 160

OTROS SISTEMAS DE NAVEGACION ELECTRONICA

Después de pasar al punto 8 se selecciona: "TK CHG", "0 DTK", "9R", - a fin de disponer de 8 lugares para programar otros tantos puntos.

Las coordenadas pueden insertarse en un INS y transferirse automáticamente

mente a los otros poniendo el selector AUTO/MAN/RMT en "RMT" en los tres INS.

Después de insertar el último punto debe esperarse por lo menos 5 segundos para regresar el selector AUTO/MAN/RMT a "MAN" o a "AUTO"

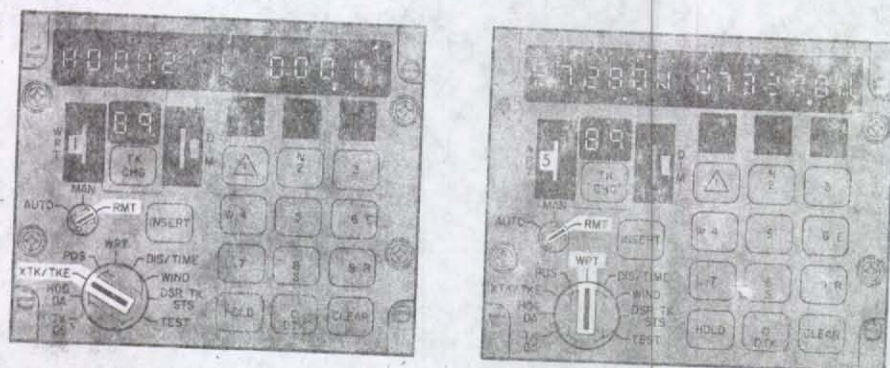


FIGURA No. 161

Los sistemas en forma automática seguirán las secuencias para pasar a la trayectoria de 9 a 1 y las que siguen. Después de la nueva programación de puntos del 1 al 8 se ve que la velocidad absoluta ha disminuído, para comprobar la distancia de plande

vuelo y el tiempo a Miami, ahora programado en el punto 8, se selecciona en uno de los INS "RMT", "DIS/TIME", "TK CHG", "0 DIK", "8S" y en la ventana aparecerá la distancia y el tiempo, pudiendo dar un-reestimado a Miami (ETA).

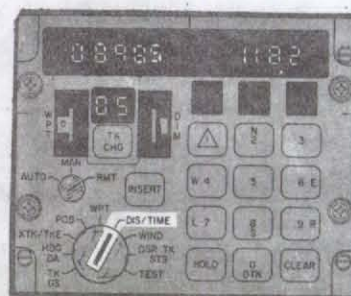
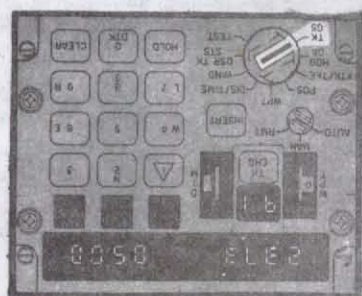
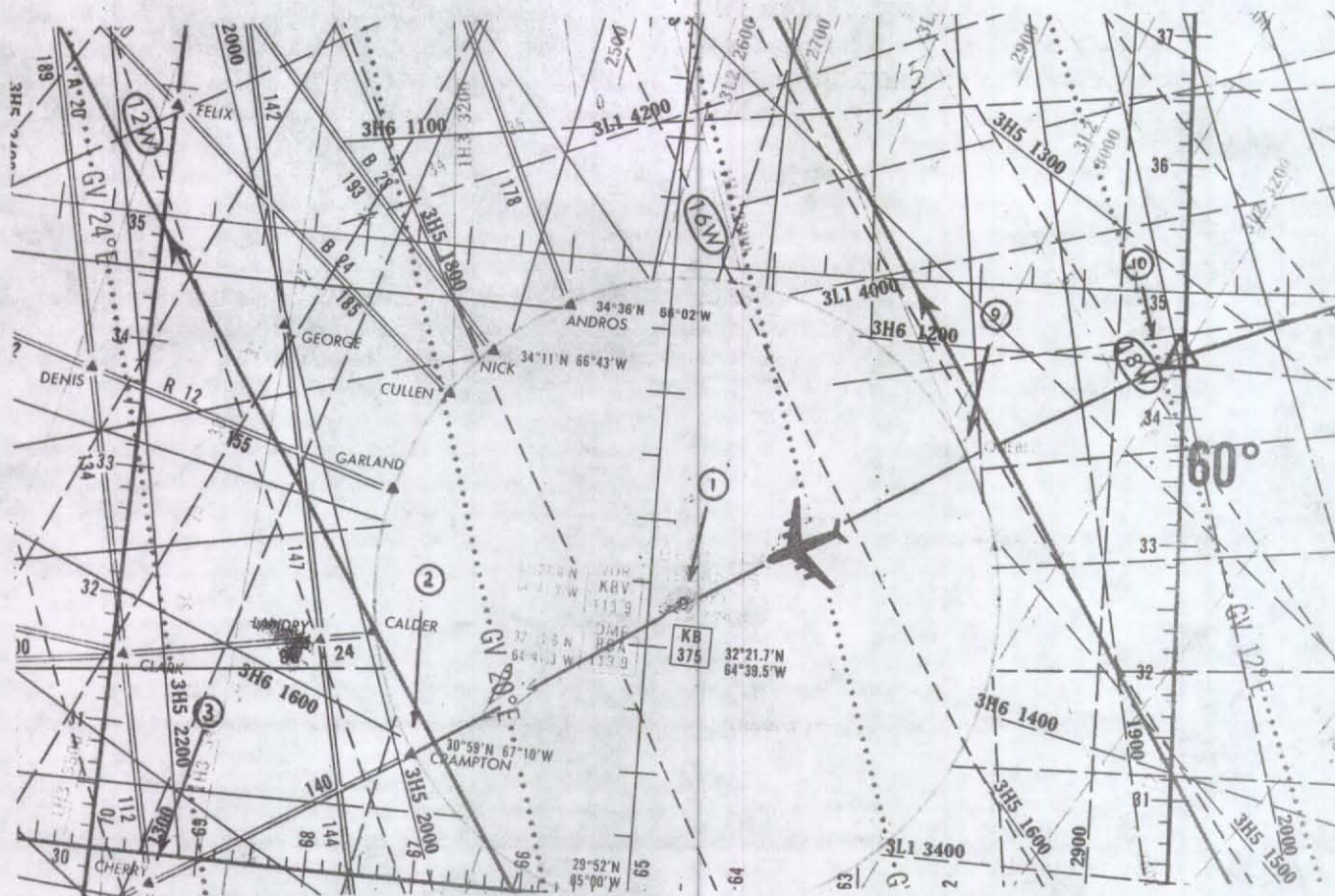


FIGURA No. 162

Sobre el VOR "KBV" programado en el nuevo punto 1, puede hacerse una comprobación de posición de los INS oprimiendo la tecla "HOLD" exactamente al paso sobre la estación anotando la diferencia en latitud y la diferencia en longitud entre las coordenadas del INS y las de la Estación.

Volando entre 1 y 2 puede determinarse la distancia y el tiempo a la velocidad absoluta actual, entre los puntos 2 y 3, para esto se seleccio-

na "RMT", el indicador "FROM/TO" parpadeará, se presiona "TK CHG", "2", "3", "INSERT" y en la ventana aparece la distancia y el tiempo entre 2 y 3 calculado a la velocidad absoluta actual.

El obtener esta información no afecta los cálculos del sistema para la trayectoria 1, 2, que se está volando y para regresar el sistema a la información entre 1 y 2, basta pasar el selector AUTO/MAN/RMT a la posición "AUTO" o "MAN".

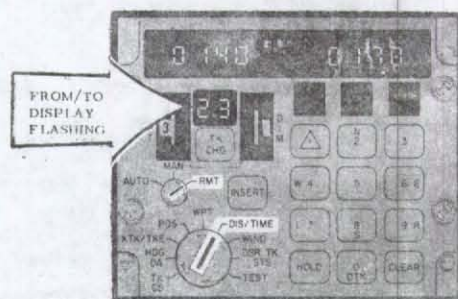


FIGURA No.-163.

El INS ha proporcionado durante el -
vuelo gobierno sobre el piloto auto--
mático y una completa información -
de navegación, pudiendo hacerse la -
transición del último segmento de ru -
ta al ATC para llegar a Miami.

A la llegada se programa en el punto

9 las coordenadas correspondientes -
a la plataforma de estacionamiento -
(POSICION E9 DE MIAMI) N 25° -
47.7', W 080° 16.9' y con el avión -
estacionado se selecciona de cero a -
nueve y se registra en bitácora el -
error en distancia de cada uno de
los INS.

CAPITULO No. 9

ELEMENTOS DE NAVEGACION CELESTE

En este capítulo se tratan en una forma general los conceptos básicos y se dan las definiciones necesarias para un mejor entendimiento de la navegación celeste.

Cuando la superficie terrestre no es visible y la posición no puede ser establecida por otros métodos, las observaciones celestes ofrecen la única ayuda para complementar la navegación de estima. En prolongados vuelos sobre el mar, en vuelos sobre áreas no debidamente representadas en cartas o en operaciones militares dentro de territorio enemigo, la navegación celeste viene a ser indispensable. Además, puesto que la mayoría de los aviones actuales vuelan a grandes altitudes, normalmente sobre capas de nubes y durante la mayor parte del vuelo en zonas no cubiertas por ayudas de radio, la navegación celeste es la única ayuda para la estima.

Este tipo de navegación se puede utilizar en todo el planeta, pero es especialmente útil en las regiones polares.

Cada observación celeste solo proporciona una línea de posición. En el día, cuando el único astro visible es el Sol, es necesario el uso de LOP's sucesivas como líneas de deriva ó como líneas de velocidad. Sin embargo, en la noche cuando se dispone de un sin número de astros, se puede obtener dos o más LOP's que cruzadas proporcionarán la posición (Fix).

Es imposible determinar lo exacto que puede ser una posición celeste, pues

to que esa exactitud depende de muchas cosas, tales como los conocimientos y destreza del navegante, el tipo de equipo e instrumentos usados, la velocidad del avión y las condiciones del tiempo prevaleciente. Con el aumento de las velocidades y alcances de los aviones, no solo la navegación celeste se ha hecho más necesaria, sino también ha demandado mayor habilidad en los navegantes haciendo que las posiciones trazadas y usadas se hagan con la mayor rapidez. Los instrumentos son más exactos y las técnicas reducen el error y el tiempo empleado en determinar las posiciones.

El equipo necesario a bordo para este tipo de navegación, es el siguiente:

- a) Un sextante para la observación de los cuerpos celestes.
- b) Un reloj para determinar la hora de la observación con aproximación de un segundo.
- c) Un almanaque aéreo para determinar la posición del astro observado en la esfera celeste.
- d) Un juego de tablas celestes para calcular la línea de posición.

El navegante no tiene que ser un astrónomo o un matemático para establecer una línea de posición celeste. La habilidad para manejar el sextante es solo cuestión de práctica y las tablas celestes que se usan actualmente, reducen los cálculos a las más simples operaciones aritméticas.

Con relación a la navegación celeste, surgen las siguientes preguntas:

¿Qué información proporciona la observación celeste?

¿Cómo puede esta información ser usada para determinar la línea de posición?

Las respuestas a estas preguntas están basadas en algunas ideas fundamentales que se presentarán en este capítulo. Primero consideraremos a los cuerpos celestes y algunos factores concernientes a ellos.

El Sistema Solar y su Galaxia. - El sistema solar tan inmenso como es, parece insignificante cuando se le coloca dentro de la galaxia de la cual forma parte.

El sol, el más notable de los cuerpos celestes en nuestro cielo, es el centro del sistema solar y es en sí una estrella de tamaño medio de las muchas contenidas en la galaxia. Está localizado alrededor de 30 000 años luz del centro de la galaxia. Asociados al sol, están al menos nueve planetas principales de los cuales la Tierra es uno. Otros miembros del sistema solar son los miles de pequeños planetas llamados asteroides; multitud de cometas e innumerables meteoros.

Todos estos cuerpos se mantienen dentro del campo gravitacional del sol, aunque están moviéndose a través del espacio a altas velocidades. La combinación de la velocidad de cada cuerpo, más la atracción solar, origina que los varios miembros del sistema se mueven alrededor del sol siguiendo trayectorias elípticas llamadas órbitas cuyo grado de excentricidad es variable. Algunos pla-

netas a su vez tienen dentro de su propio campo gravitacional otros cuerpos llamados satélites. Tal como la tierra tiene a la luna.

Los cuerpos del sistema solar tienen un movimiento de rotación alrededor de su propio eje y un movimiento de traslación alrededor de su astro primario (sol o planeta). Además, todo el sistema tiene un movimiento alrededor del centro de la galaxia y la galaxia completa, posiblemente esta también en movimiento con relación a sus vecinas. Nuestro sistema galáctico se estima tiene un diámetro máximo de unos 100 000 años luz y un diámetro menor de unos 10 000 años luz; para darnos una idea de lo vasto que esto representa, recordemos que la velocidad de la luz es de 161 875 millas náuticas por segundo y hay 31 600 000 segundos en un año, por tanto, la distancia que recorre la luz en solo un año luz es de 5 110 000 000 000 de millas náuticas y relativamente pocas estrellas están a menos de 100 años luz de nosotros. Para comparar, la luz del sol tarda en llegarnos aproximadamente 8 1/3 minutos y la distancia media es de 80 720 000 millas náuticas, la luz de la luna tarda solo 1 1/4 segundos en llegarnos y la distancia media es de alrededor 207 550 millas náuticas.

La galaxia se cree que gira alrededor de su propio eje, la velocidad de movimiento de nuestro sol es alrededor de 152 millas náuticas por segundo y a esta velocidad necesita aproximadamente 200 millones de años para dar una vuelta completa.

Conceptos Celestes Básicos. - El primer concepto básico para comprender las ideas celestes es la esfera y aunque la tierra no es una verdadera esfera, para los propósitos de la navegación, se

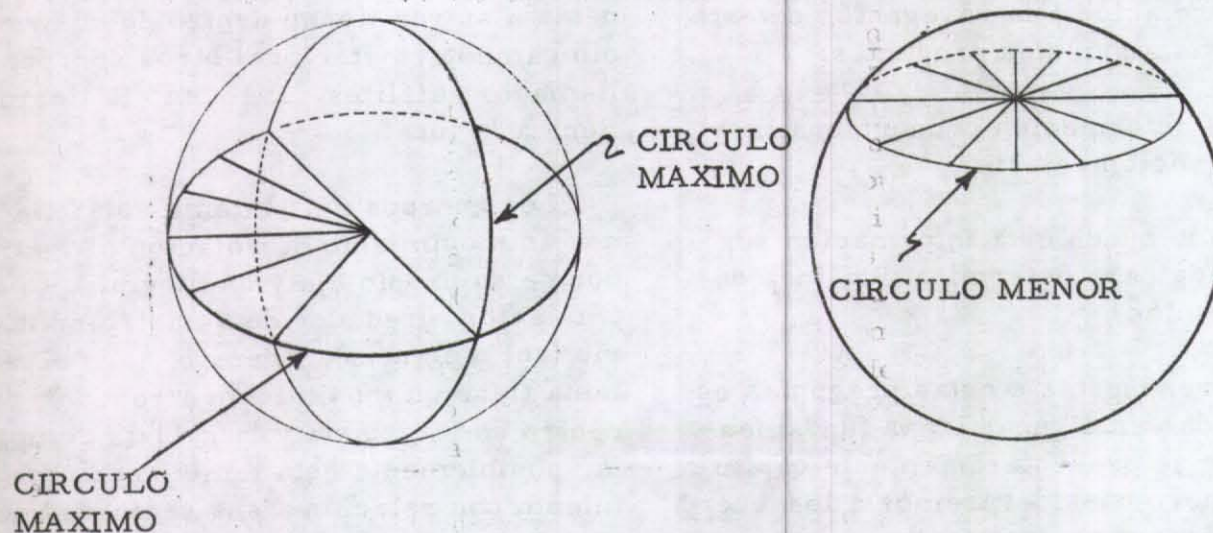


FIGURA No. 164

le considera como tal y se le llama esfera terrestre.

Cualquier círculo en una esfera cuyo plano pasa a través del centro de la esfera, se le llama círculo máximo. El ecuador es un círculo máximo en la esfera terrestre. Cualquier círculo de la esfera que no pasa a través de su centro, se llama círculo menor. Todos los paralelos de latitud en la esfera terrestre, son círculos menores.

En una noche clara es posible ver una gran cantidad de estrellas y posiblemente algunos planetas y la luna. Las estrellas se moverán aparentemente cruzando el cielo de Este a Oeste, mientras que mantienen una distancia constante entre ellas. En la ilustración puede verse el movimiento de la "Osa Mayor" alrededor de la estrella Polar.

Por otra parte, los planetas y la luna parecen moverse entre las estrellas. Los planetas están esparcidos a través del espacio y a diferentes distancias de

la tierra siguiendo complicados movimientos propios.

Movimiento de los Cuerpos Celestes.

Los movimientos reales de los cuerpos celestes no son de mayor interés para el navegante, lo que realmente interesa desde el punto de vista de la navegación, es el movimiento relativo y aparente de los astros con respecto a la tierra; sin embargo una idea de los movimientos reales aumentará el interés en la navegación celeste y hará más fácil su aprendizaje.

Desde el punto de vista de la navegación, hay dos clases de astros: las estrellas fijas y los cuerpos del sistema solar (sol, planetas y la luna). Las estrellas fijas son cuerpos incandescentes de gran tamaño y a distancias enormes de la tierra y se ven solo como puntos centelleantes.

Los cuerpos celestes del sistema solar, incluyendo a la tierra, giran alrededor del sol, no tienen luz propia, pero



FIGURA No. 165

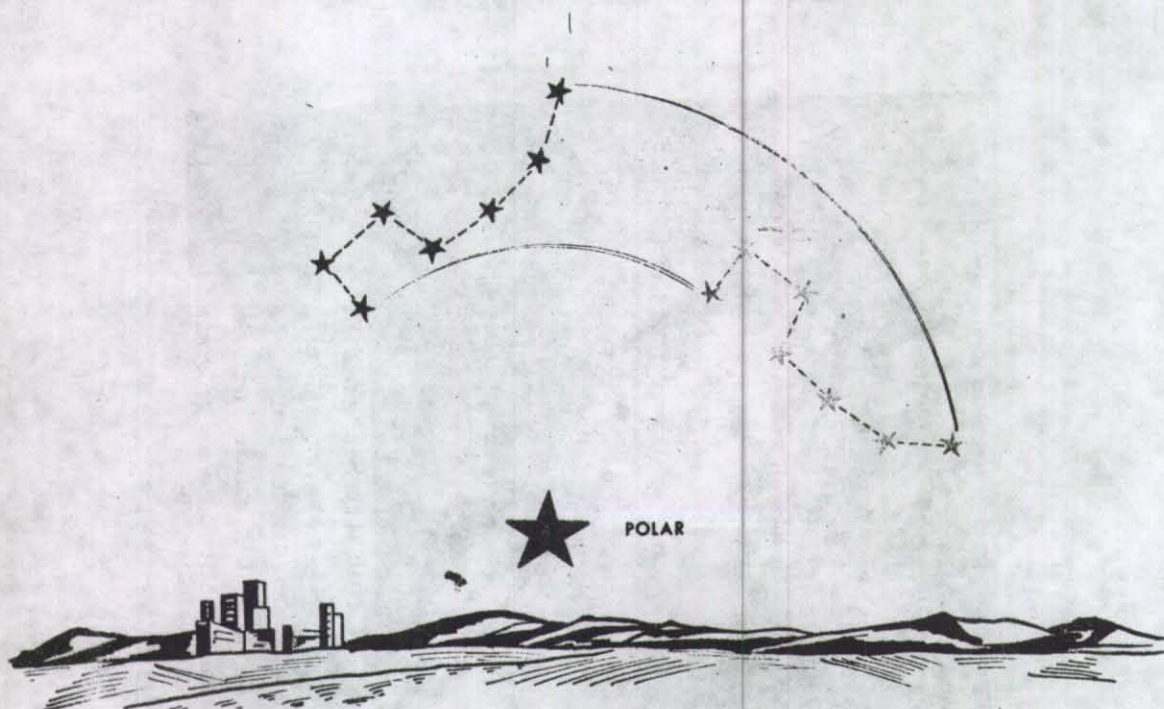


FIGURA No. 166

reflejan la luz del sol. En navegación celeste solo se utilizan cuatro planetas: - Venus, Marte, Júpiter y Saturno. Estos se ven como estrellas brillantes, pero a diferencia de cualquier estrella, los planetas normalmente no centellean. Los satélites son pequeños cuerpos que se mueven alrededor de los planetas. El único satélite natural de importancia es la luna que gira alrededor de la tierra y refleja la luz del sol.

Principales Movimientos de la Tierra. - Los dos principales movimientos de la tierra, los cuales causan el movimiento aparente de los cuerpos celestes, son el de rotación y el de traslación. El de rotación tiene lugar alrededor de su propio eje y el de traslación describiendo una trayectoria elíptica alrededor del sol.

Rotación: La tierra gira alrededor de su eje completando una revolución en el término de 24 horas. Su giro es de Oeste a Este. Las estrellas aparecen fi-

jas en el espacio, pero este movimiento de la tierra hace que las estrellas tengan un movimiento aparente del Este hacia el Oeste; por lo tanto un observador en la tierra siempre ve salir los astros por el Este y ponerse por el Oeste. En la ilustración puede verse el movimiento aparente del subpunto de una estrella del Este hacia el Oeste (se llama subpunto ó polo de iluminación de un astro, a la proyección de éste sobre la superficie de la tierra).

La trayectoria diaria del subpunto se le llama círculo diurno y es un paralelo de latitud correspondiente a la declinación de la estrella.

Ya que las declinaciones de los astros en el sistema solar no son constantes, las trayectorias diarias no serán realmente círculos, sino espirales que se moverán hacia el Norte o hacia el Sur de acuerdo con los cambios de declinación como puede verse en la Figura No. 168. El movimiento aparente

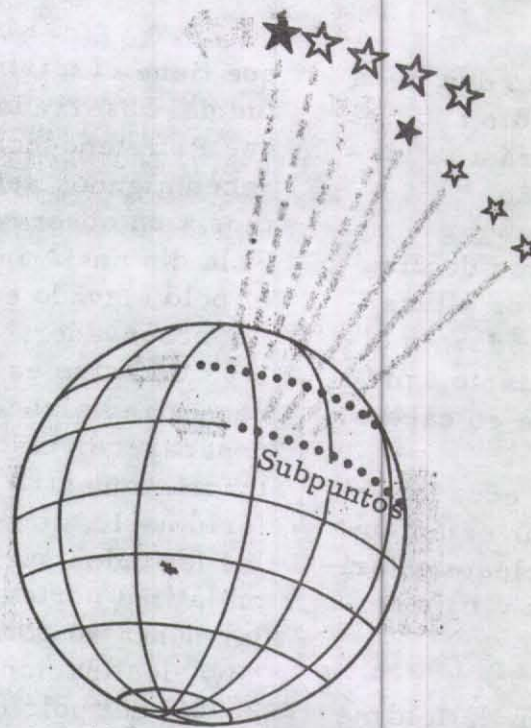


FIGURA No. 167

dependerá desde luego de la latitud del observador. Considerese la apariencia del cielo para observadores en el Polo Norte, en el ecuador y en una latitud media. Para el observador en el polo, las estrellas girarán sin salir ni ponerse ba

jo el horizonte, es decir, permanecerán a una altura constante sobre el horizonte. Cuando el sol, la luna o los planetas tengan declinación Norte serán visibles para el observador en el polo norte. La altura del sol variará conforme

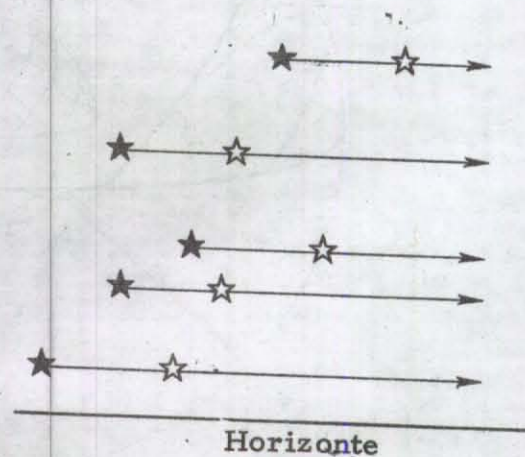
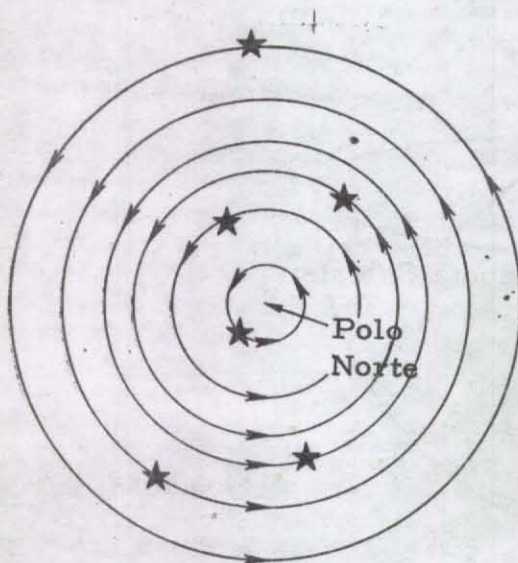


FIGURA No. 168

cambie su declinación y puesto que tiene declinación Norte durante medio año, el observador en el polo lo tendrá a la vista durante seis meses cada año.

La estrella que tiene mayor declinación Norte y por tanto la mayor altura sobre el horizonte del observador en el polo norte, es la Polar, por tanto, prácticamente siempre está sobre su cabeza.

Para el observador en el ecuador, los polos celestes Norte y Sur están en el horizonte y todo cuerpo celeste estará sobre su horizonte medio día y bajo de él el otro medio.

Para el observador en una latitud media los movimientos aparentes de los cuerpos celestes son intermedios entre la apariencia en el ecuador y la apariencia en los polos. En la latitud media el ecuador es oblicuo al horizonte. El polo

que tiene el mismo nombre que la latitud del observador, se llama polo elevado. Refiriendonos a la figura donde aparecen algunos astros circunpolares, vemos a un observador en latitud media. Si la distancia angular del astro desde el polo elevado es menor que la latitud del observador, el cuerpo es circunpolar. Un astro es circunpolar cuando parece girar alrededor del polo sin nunca desaparecer bajo el horizonte. La ilustración muestra lo que pasa en el hemisferio norte, lo mismo es aplicable para las latitudes sur. Para un observador en latitud norte, una estrella circunpolar nunca se pone. El subpunto de Dubhe, cuya declinación es $62^{\circ}00'N$, está a $28^{\circ}00'$ del polo norte; por tanto Dubhe es circunpolar para todas las latitudes arriba de $28^{\circ}01'N$.

En latitudes mayores, el mayor número de cuerpos celestes aparecen

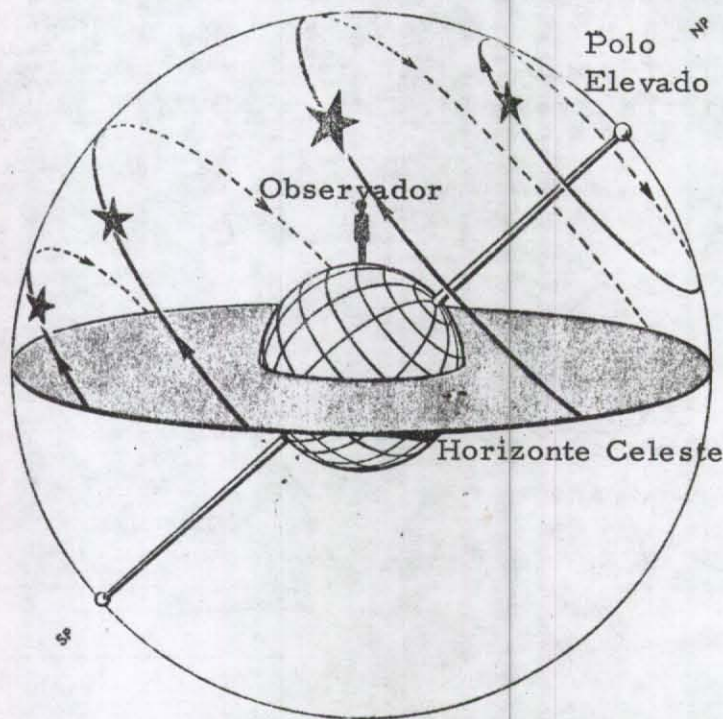


FIGURA No. 169

como circunpolares; mientras que en el Ecuador parece que ningún cuerpo es circunpolar y desde luego en el polo todas las estrellas son circunpolares.

Traslación. - Simultáneamente con el movimiento de rotación, la tierra tiene un movimiento de traslación alrededor del Sol y en el sentido Oeste-Este, completando una órbita elíptica en el término de un año. El radio medio de la órbita descrita es de 93 millones de millas.

El movimiento de traslación es la causa de los cambios aparentes en el ciclo a través del año y contribuye también a los cambios en la declinación del sol, por tanto en los cambios de estación. El movimiento aparente del sol originado por el movimiento de traslación de la tierra, sigue un círculo máximo de la esfera, a este círculo máximo se le llama "Eclíptica".

El movimiento de traslación de la tierra no tiene un efecto apreciable en la declinación de las estrellas, debido a la gran distancia a que se encuentran pueden considerarse que los rayos de luz que de ellas emanan son paralelos.

En el diagrama hemos considerado al observador en el ecuador y mirando al sol al medio día en las cuatro posiciones extremas de la tierra. Se nota que esto coloca al subpunto del sol en cuatro muy diferentes posiciones en la tierra.

Apariencia del Cielo en las Estaciones. - Un observador, fuera de las regiones polares, notará un cambio a través del año en las constelaciones que son visibles a una hora dada de la noche. Consideremos los cambios aparentes para un observador en el ecuador.

Como la tierra al mismo tiempo que se traslada siguiendo su órbita, gira

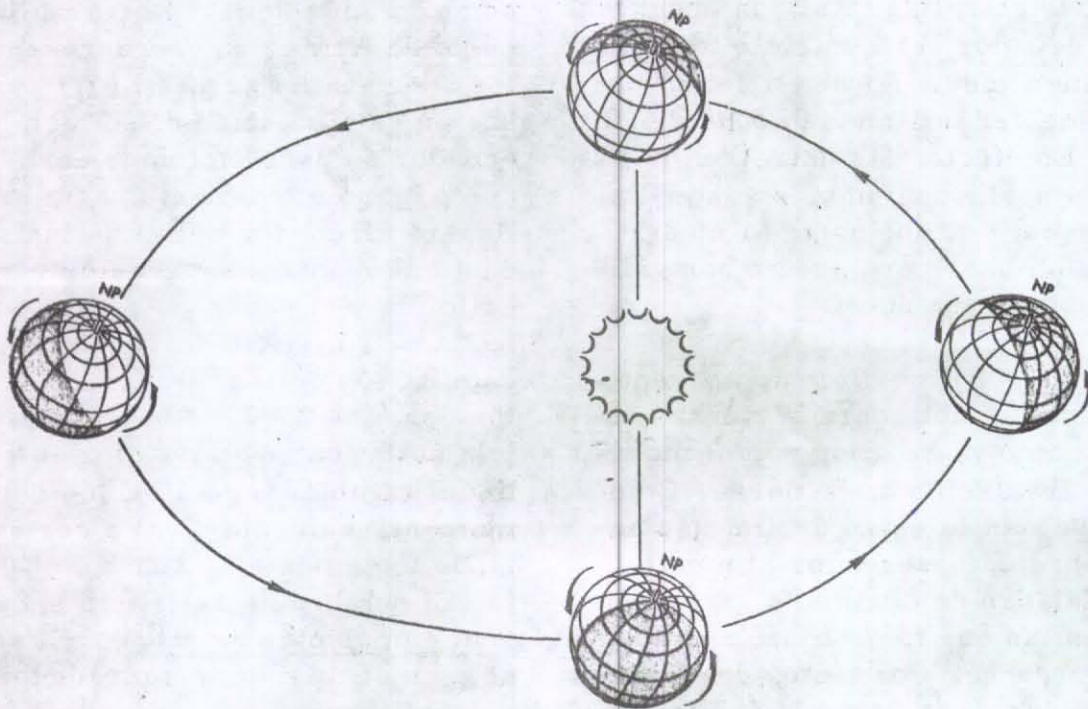


FIGURA No. 170

alrededor de su propio eje, el día y la noche quedan determinados de acuerdo con el lado de la tierra que queda hacia el sol. Aunque las estrellas están siempre presentes, no serán visibles cuando se tenga al sol sobre el horizonte.

La tierra recorre su órbita en aproximadamente 365 días. En otras palabras, diariamente la tierra recorre $1/365$ de su órbita o casi 1° de los 360° de su recorrido anual. De este modo, cada noche la tierra se mueve en tal forma que su lado oscuro es girado en una dirección diferente en el espacio por cerca de 1° . Consecuentemente, cada noche el panorama de estrellas visibles, por ejemplo a media noche, cambia para incluir estrellas incluidas en alrededor de 1° hacia el Este.

Después de un año, cuando la tierra ha alcanzado el lado opuesto de su órbita, el lado oscuro girará en dirección opuesta en el espacio y se verá un nuevo campo de estrellas. Así, un observador en el ecuador verá un ciclo totalmente diferente a media noche en Junio que el que puede ver una media noche de Diciembre. En efecto, las estrellas que el ve a media noche de Junio, son aquellas que están sobre el horizonte al medio día de Diciembre, pero que no son visibles debido a la luz solar.

Eclíptica. - El movimiento aparente del subpunto del sol sobre la tierra, es causado, como ya se dijo, por el movimiento de traslación de la tierra. Como la tierra se mueve en su órbita, las estrellas sobre un observador al medio día se trasladan de día en día, tal como sucede con las que tiene sobre su cabeza a media noche. Por tanto, desde cada nuevo punto de vista en la órbita de la tierra, el sol será visto proyectado en diferentes puntos en el invisible fon-

do de estrellas. En el curso de un año, como la tierra va alrededor del sol, el sol parece hacer un círculo completo alrededor de ella como puede verse en la figura.

El movimiento aparente del sol no es a lo largo del ecuador, sino a lo largo de un círculo máximo llamado eclíptica el cual está inclinado con respecto al plano del ecuador un ángulo igual a $23^\circ 27'$.

Este círculo máximo cae en el plano de la órbita terrestre. La eclíptica también puede definirse como la trayectoria aparente del sol entre las estrellas.

Los dos puntos en que la eclíptica cruza el ecuador, se llaman equinoccios (igual noche), debido a que cuando el sol está en cualquiera de estos puntos, el día y la noche tienen la misma duración. El sol está en uno de estos puntos alrededor del 21 de marzo a este punto se le conoce como equinoccio vernal o primer punto de Aries y se le representa por los cuernos del carnero (♈) y puesto que en esta posición el sol está en el ecuador su declinación es cero (0°). En su continuo movimiento hacia el Este, llegará alrededor del 21 de junio a un punto de máxima separación entre la eclíptica y el ecuador, a este punto se le llama solsticio de verano y en él la declinación del sol alcanza su mayor valor norte de $23^\circ 27' N$ y como el ecuador y la eclíptica son paralelos en este punto, el cambio de declinación del sol es momentáneamente igual a cero aumentando lentamente a cada lado de este punto. El nombre de solsticio significa: "sol en posición estática". El sol llega al equinoccio de otoño alrededor del 23 de septiembre, cuando la declinación vuelve a ser igual a cero (0°) el día y la noche también vuelven a ser iguales.

En otros tres meses el sol llega al solis-
ticio de invierno alrededor del 22 de di-
ciembre cuando la declinación tiene su
máximo valor sur, $23^{\circ}27'S$.

Estaciones. - El sol se encuentra al
Norte del Ecuador de marzo a septiembre
y al Sur de él de septiembre a marzo. -
Cuando el sol se encuentra al mismo la-
do del Ecuador que el observador, ascien-
de alto en el cielo y permanece más
tiempo sobre el horizonte que cuando se
encuentra en el lado opuesto. En latitud
 $40^{\circ}N$, el sol sale alrededor de las 04:30
y se pone alrededor de las 19:30 en el
día más largo del año en junio, el sol es-
ta por 15 horas sobre el horizonte y solo
por 9 bajo él. En el día más corto del
año, en diciembre, los períodos se in-
vierten.

Particularmente, por esta razón y
también porque los rayos solares caen en
forma más vertical y por tanto más con-
centrados durante el verano, los meses
de esta estación son los más calientes. -
Mientras que en el Hemisferio Norte se
tiene verano, en el Hemisferio Sur se
está en invierno.

Movimiento de Otros Cuerpos Celes-
tes. - Habiendo considerado los movimien-
tos reales de la tierra y el movimiento
aparente resultante de los cuerpos celes-
tes, ahora consideremos los movimien-
tos reales de estos cuerpos respecto
unos de otros y como ellos más adelan-
te afectan esos movimientos aparentes. -
Las estrellas fijas, se les llama así por
que parecen mantener la misma rela-
ción entre ellas año tras año. Realmen-
te estas estrellas están en rápido movi-
miento, pero sus distancias a la tierra
son tan inmensas que sus movimientos -

aparentes solo pueden ser detectados
por instrumentos extremadamente preci-
sos. Todo el sistema solar se mueve
también a través del espacio, pero el
sol no tiene un movimiento real que afec-
te los movimientos aparentes de cual-
quier otro cuerpo. Por tanto, solamen-
te los planetas y la luna tienen movi-
mientos reales que afectan apreciable-
mente sus movimientos aparentes.

Planetas. - La palabra "planeta" se
deriva de una palabra griega que signifi-
ca "errante". Los astrónomos descubrie-
ron estos cuerpos errando entre las es-
trellas fijas. Los planetas giran en órbi-
tas alrededor del sol. Venus en una órbi-
ta relativamente próxima al sol es un
planeta inferior; mientras que Marte, Júpiter y Saturno en órbitas mayores que la de la Tierra son planetas superiores. Ya que los planos de estas órbitas están dentro de 3° del plano de la órbita de la tierra, los planetas siempre parecen moverse dentro de una banda del cielo conocida como el Zodiaco, el cual se extiende 8° a ambos lados de la eclíptica.

Por la misma razón que el sol parece moverse hacia el Este, los planetas también generalmente parecen moverse lentamente hacia el Este entre las estrellas. Sin embargo, esta razón aparente de movimiento es muy irregular y algunas veces incluso parecen moverse hacia el Oeste. Si el observador ve un planeta noche a noche, verá que conserva la misma posición entre las estrellas; pero de semana a semana podrá descubrir su movimiento.

La Luna. - La luna se desplaza hacia el Este alrededor de la tierra completan-
do una revolución en el término de $29\frac{1}{2}$

días y durante este tiempo parece hacer un circuito completo de la tierra. Su movimiento relativo a las estrellas es rápido (alrededor de 13° por día) y es muy notable para el observador de una noche a otra. El plano de la órbita de la luna -

está inclinado alrededor de 5° del plano de la eclíptica.

La Luna sobre su órbita completa - una vuelta alrededor de la tierra en $29 \frac{1}{2}$ días, pero también gira alrededor -

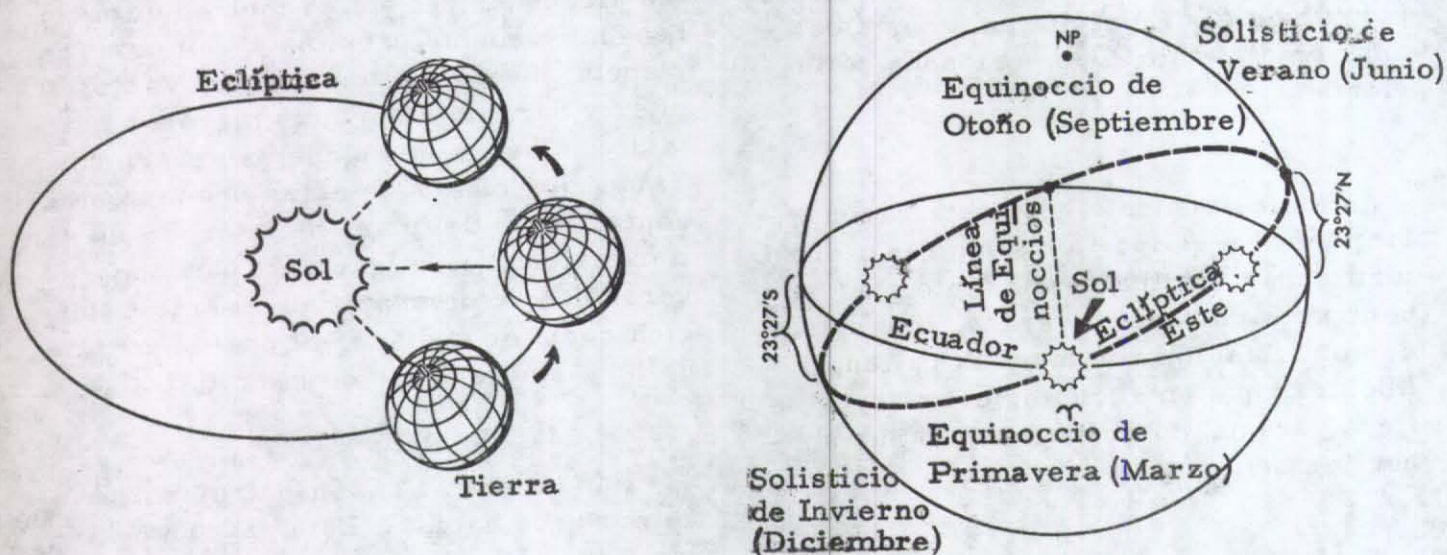


FIGURA No. 171

de su eje hacia el Este completando una revolución en el mismo tiempo de $291\frac{1}{2}$ días, por lo que el observador en la tierra siempre vera el mismo lado como - puede apreciarse en la Figura No. 172.

Coordenadas Celestes. - Para una - mejor comprensión de los problemas en este tipo de navegación, consideramos - que todos los astros están en la superficie interior de una esfera imaginaria de radio infinito y en esta superficie tienen sus desplazamientos diarios y en forma aparente de Este a Oeste. A esta esfera le llamamos esfera celeste y es concéntrica a la esfera terrestre, por tanto - son similares geométricamente y los - puntos constituidos por los astros en la esfera celeste pueden ser proyectados - sobre la superficie de la tierra; a estos puntos proyectados se les conoce como - subpuntos, puntos subastrales ó polos - de iluminación.

La posición de los astros en la esfera celeste están determinadas por las - coordenadas celestes en una forma similar a como se fijan los puntos en la tierra por coordenadas geográficas (latitud y longitud).

La esfera celeste tiene un círculo - máximo perpendicular a su eje que recibe el nombre de ecuador celeste ó equinoccial y corresponde a la proyección - del ecuador terrestre. Al proyectarse - en la esfera celeste los paralelos de latitud, se originan los paralelos de declinación ó círculos diurnos. Los meridianos terrestres al proyectarse en la esfera celeste dan lugar a los círculos horarios.

Declinación. - Se llama declinación - de un astro a la distancia en grados y - minutos que el astro está separado del - ecuador celeste en un momento dado; se

mede hacia el Norte o hacia el Sur de 0° a 90° . La declinación del astro siempre tiene el mismo valor que la latitud de su polo de iluminación.

Angulo Horario Respecto a Greenwich (GHA). - El ángulo horario en - Greenwich de un astro, es aquel ángulo - medido en el polo entre el plano del círculo horario correspondiente al astro y el plano del círculo horario correspondiente a Greenwich; se mide siempre a - partir del de Greenwich hacia el Oeste y de 0° a 360° .

Angulo Horario Local (LHA). - El ángulo horario local de un astro, es el - comprendido entre el plano del círculo - horario correspondiente al meridiano - del observador y el plano del círculo horario del astro; se mide a partir del círculo horario del observador hacia el - Oeste de 0° a 360° . El valor del ángulo horario local se obtiene a partir del ángulo horario de Greenwich restando la - longitud del observador cuando esta es - Oeste o sumándola si es Este:

$$LHA = GHA - LW$$

$$LHA = GHA + LE$$

Aries y el Angulo Horario Sidereo. - El ángulo horario en Greenwich del sol, la luna y los planetas se encuentra tabulado en el almanaque aéreo, pero las estrellas tienen como referencia un círculo horario arbitrario que pasa por el primer punto de Aries ó Equinoccio Vernal que es el primer signo del Zodiaco y se simboliza por los cuernos del carnero - "♈". Este punto imaginario sobre el - Ecuador Celeste, se supone que gira a - la misma velocidad y en el mismo sentido que las estrellas. El ángulo formado entre el círculo horario de Aries y el correspondiente a la estrella se llama -

ángulo horario sidereo (SHA) y el valor de este ángulo se encuentra tabulado en el almanaque para cada estrella.

Para determinar el ángulo horario en Greenwich de una estrella, es necesario buscar en el almanaque el ángulo horario en Greenwich correspondiente al primer punto de Aries a la hora de la observación y después sumarle el ángulo horario sidereo correspondiente a la estrella observada:

$$GHA \uparrow + SHA * = GHA *$$

En caso de que esta suma de un valor mayor de 360° se restará al resultado esta cantidad para obtener el ángulo horario en Greenwich de la estrella.

Para hacer un resumen de la relación que hay entre los cuerpos celestes y el meridiano de Greenwich, diremos:

a) El ángulo horario de Greenwich co-

rrespondiente al Sol, Aries, Luna y planetas; está tabulado en el almanaque aéreo para cada 10 minutos de tiempo, agregándose una tabla de interpolación.

b) Para determinar el ángulo horario en Greenwich de una estrella, es necesario determinar el ángulo horario en Greenwich de Aries para la hora de la observación y aplicar después el ángulo horario sidereo de la estrella observada.

c) Conociendo el ángulo horario en Greenwich y la declinación de un astro, se puede fijar su posición en la Esfera Celeste y por tanto las coordenadas geográficas correspondientes a su polo de iluminación.

Diagrama de Tiempo. - Para comprender mejor la relación que hay entre los ángulos horarios y las longitudes, se utiliza el llamado "Diagrama de Tiempo"

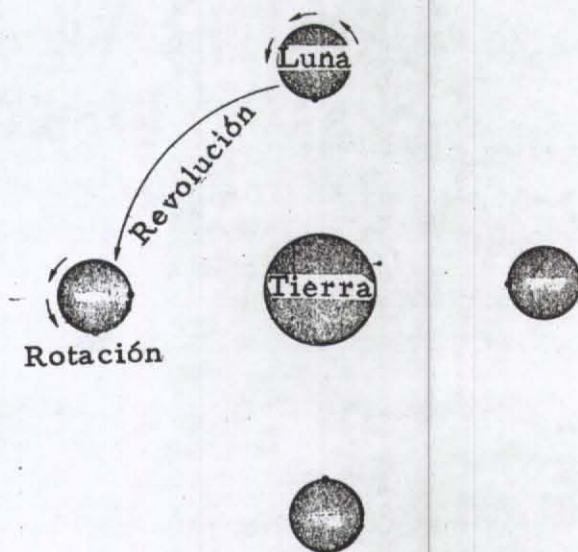


FIGURA No. 172

El diagrama de tiempo representa a la tierra como se vería desde un punto - directamente arriba del polo norte, la - circunferencia será el ecuador, el cen- tro, el polo norte y los radios serán los meridianos.

Admitamos que el radio vertical es- el Meridiano de Greenwich y es la refe- rencia para los otros meridianos; el me- ridiano del observador, el de Aries y el de La Estrella.

Se ve que en este diagrama la direc- ción Oeste (W) es en el sentido de giro - de las manecillas del reloj.

Longitud del observador 65°E , GHA
 τ 38°

SHA * 47° , con la ayuda del diagra- ma no hay posibilidad de confundirse en la fórmula y se ve que el Angulo Hora- rio Local (LHA) resulta 150° .

Altura, - La forma en que se deter- mina la posición de una nave empleando la Navegación Celeste, es relacionar, ó referir esa posición desconocida a la po- sición conocida del polo de iluminación- de un astro. La posición del polo de ilu- minación se conoce al determinar en el almanaque aéreo el ángulo horario en - Greenwich y la declinación del astro a - la hora de la observación. La relación- entre el observador y el astro se esta- blece por la medida de la altura del as- tro hecho con el sextante.

Se llama "Vertical de un Astro" al - círculo máximo de la esfera celeste cu- yo plano es perpendicular al horizonte - celeste, contiene a la línea zenit-nadir- y al astro. La altura de un astro es el - valor medido sobre el vertical del astro a partir del horizonte, su valor puede - ser de 0° cuando el astro está en el ho- rizonte, e ir aumentando hasta tener un valor de 90° cuando el astro se encuentra

DIAGRAMA DE TIEMPO

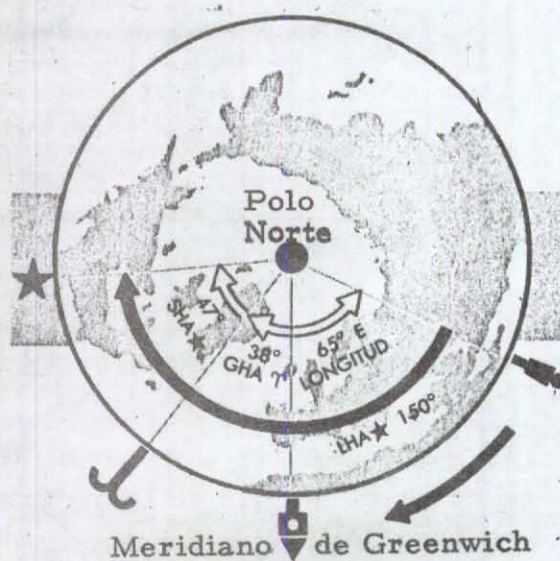
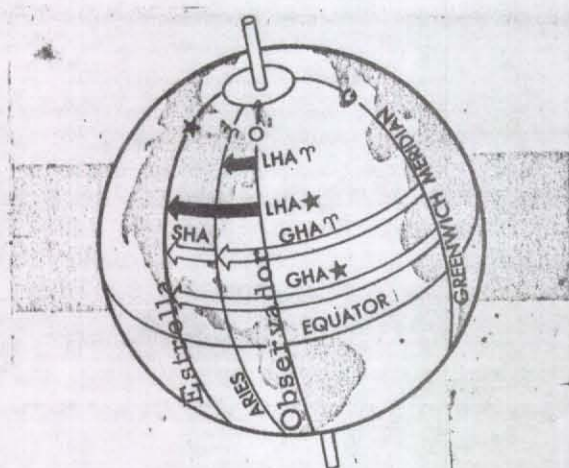


FIGURA No. 173

en el zenit del observador.

En navegación celeste se consideran tres tipos de altura de los astros:

- a) Altura del sextante ó altura instrumental (H_s), que corresponde a la lectura directa hecho con el sextante en el momento de la observación.
- b) Altura observada ó altura verdadera (H_o), esta es la del sextante corregida por error instrumental, refracción y otros factores.
- c) Altura calculada (H_c), que es la que corresponde al astro en el momento de la observación, pero para una posición asumida próxima a la posición de estima del observador.

La altura del sextante es la medida hecha con este desde el horizonte hasta el astro. En el caso del sextante empleado en navegación de superficie, el horizonte de referencia es el horizonte visible, pero en el caso de emplear sextante aéreo, la altura se mide a partir de un plano horizontal que se establece con una burbúja ó con un espejo pendular, según el tipo. Esta altura hecha con cualquier sextante está sujeta a cuatro tipos de error, que son:

- a) Por refracción.
- b) Por aceleración.
- c) Por paralaje y
- d) Los debidos al propio instrumento ó su instalación y que se llama error instrumental.

La altura observada es la que resulta al corregir la altura del sextante por los errores anotados y se define como

la distancia angular medida sobre el vertical del astro del horizonte celeste al astro. El complemento de la altura observada ó altura verdadera, recibe el nombre de distancia zenital y su valor en grados, minutos y segundos de arco, transformados a millas marinas ($1^\circ = 60$ millas marinas), representa la distancia a que se encuentra el observador del polo de iluminación del astro.

Si se observa un astro con una altura verdadera de 90° , será que el observador está en el polo de iluminación del astro, es decir, el astro estará en el zenit del observador y por tanto la distancia zenital es 0° ; si el observador se aleja del polo de iluminación, la altura verdadera disminuirá en $1'$ de arco por cada milla marina que el observador se aleje y cuando la altura verdadera sea de 0° , es decir cuando se tenga al astro en el horizonte, la distancia zenital será de 90° y el observador estará a 5,400 millas marinas (90×60) del polo de iluminación del astro.

La altura calculada es la que corresponde al astro observado, en un lugar de posición geográfica asumida y próxima a la posición de estima del observador. En caso de que la posición asumida y la posición real del observador fueran la misma, la altura calculada y la verdadera tendrían el mismo valor.

El valor de la altura calculada se obtiene de las tablas náuticas de las que existen diferentes tipos; estas tablas resuelven un problema de trigonometría esférica.

Los elementos de entrada a las tablas para encontrar el valor de la altura calculada, son: la latitud asumida, el ángulo horario local y la declinación del astro observado correspondiente a la hora de la observación.

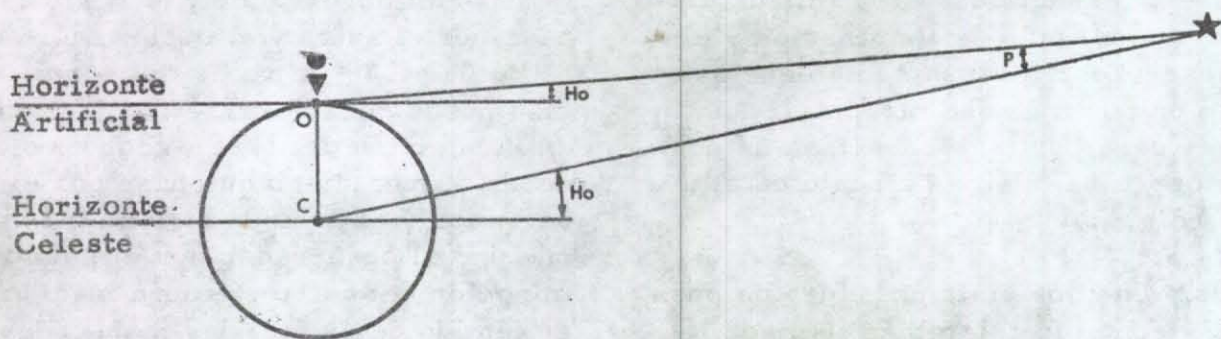
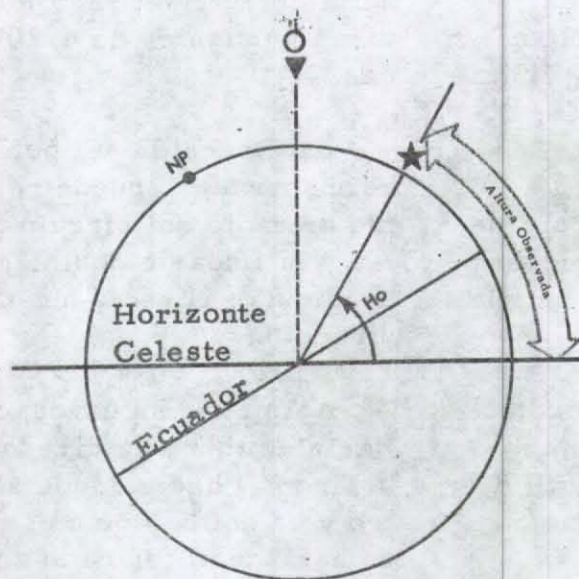
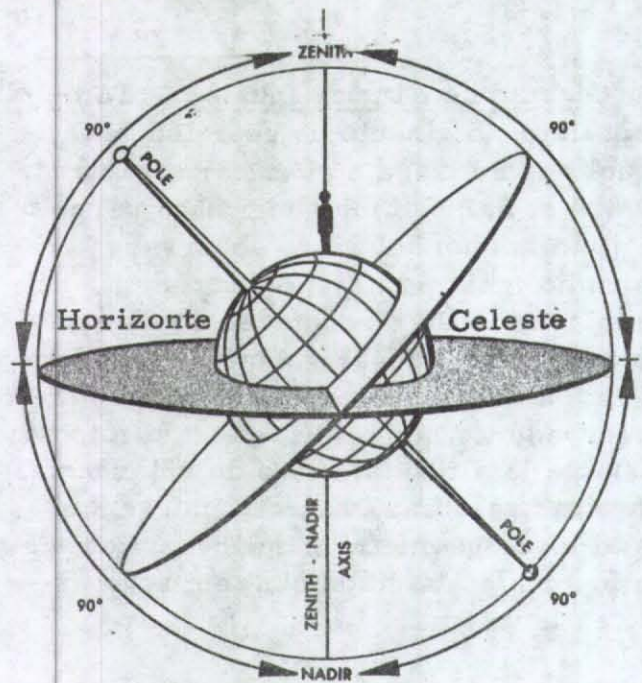
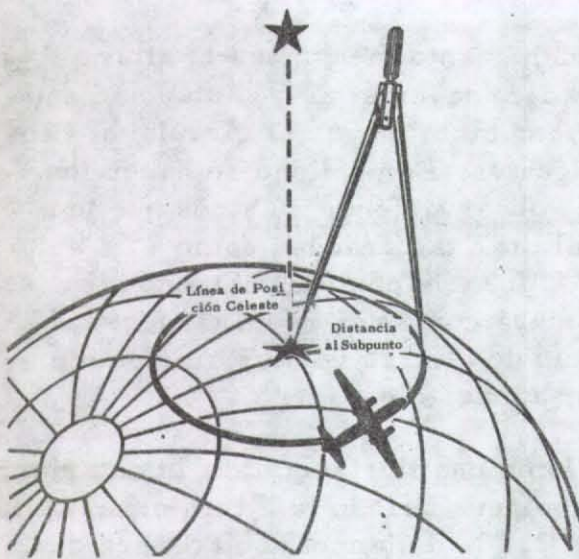


FIGURA No. 174

Círculo de Alturas Iguales. - También llamado círculo de posición, es aquel que se traza en una carta haciendo centro en la posición geográfica del polo de iluminación del astro observado y con un radio igual a la distancia zenital del propio astro; la circunferencia de este círculo será el lugar geométrico de la posición del observador y de todos los observadores que midiesen en el mismo instante la altura al astro de referencia. En otras palabras, esa circunferencia es el lugar geométrico de los puntos desde los cuales la distancia zenital al astro es la misma.

Una vez que se ha determinado la altura observada, ó altura verdadera de un astro para una hora determinada, es cosa simple el calcular la distancia a que está el observador del polo de iluminación del astro observado procediendo de la manera siguiente:

- a) Se determina la posición del polo de iluminación para la hora de la observación en la forma indicada y se fija en la carta.
- b) Usando el polo de iluminación como centro, se traza un círculo con un radio igual a la distancia zenital ($90^\circ - H_o$) convertida a millas náuticas.
- c) Obviamente cualquier punto de esta circunferencia está a la misma distancia del polo de iluminación y el observador forzosamente debe estar en un punto de esa circunferencia que será por tanto una línea de posición y se le llama "círculo de alturas iguales".

Como hemos visto una línea de posición astronómica, también llamada línea o recta de altura, es realmente un arco de círculo; pero cuyo radio es muy

grande, cuanto menor sea la altura observada, mayor será la distancia zenital y por tanto mayor el círculo de alturas iguales. En realidad se hacen muy pocas observaciones a astros que tengan alturas tan grandes como 75° ; así, que la línea de posición astronómica se considera como una recta tangente al círculo de alturas iguales sin cometer error apreciable.

Como una ilustración de lo anterior, diremos que cuando la altura observada es de 75° la distancia zenital será de 15° y la distancia del polo de iluminación al observador resultará de 900 millas náuticas; así mismo si la altura observada es de 20° la distancia zenital resulta de 70° y el radio del círculo de alturas iguales es de 4,200 millas náuticas.

La dirección del polo de iluminación al observador, puede representarse como un radio del círculo de alturas iguales y la línea de posición como la perpendicular al radio que determine dicha dirección.

Azimut. - En navegación celeste se llama azimut a la dirección en el plano horizontal hacia donde se observa un astro y se define como el ángulo en el plano horizontal formado entre el círculo horario que pasa por el polo norte celeste y por el observador y el vertical que pasa por el astro y el observador se mide de 0° a 360° a partir del norte. También puede considerarse como el ángulo en la posición del observador medido desde el meridiano que pasa por el observador y el arco de círculo máximo que une al observador con el polo de iluminación del astro siempre medido en el sentido de giro de las manecillas del reloj de 0° a 360° a partir del norte.

Si el azimut de un cuerpo celeste se determina con exactitud y simultáneamente con la altura, el resultado nos puede dar una posición astronómica. Sin embargo, un pequeño error en el azimut da lugar a un error muy grande en la posición, por lo que el método no es práctico. Por ejemplo, un error de 1° en azimut en la observación de un astro cuya altura es de 40° da como resultado un error en la posición de 50 millas náuticas. Además, normalmente el polo de iluminación no queda en la misma carta que se está usando por ser muy grande el radio del círculo de alturas iguales.

Para determinar una posición astronómica es necesario obtener dos o más líneas de posición que forman un ángulo adecuado de cruce. Una sola línea de posición tiene solo un valor relativo que puede dar información a la forma como se está llevando a cabo el vuelo, es decir, si la línea de posición es perpendicular ó casi perpendicular a la trayectoria seguida por la nave, nos indicará si la velocidad absoluta que se estima es la correcta o no; también si la línea de posición es sensiblemente paralela a la trayectoria, podremos saber si tenemos

o no deriva y hacia que lado es, aunque no se pueda cuantificar.

Cálculo de Alturas y Azimutes de los Astros. - Hasta aquí se han hecho algunas definiciones y se ha visto algo de la teoría elemental de la navegación celeste; ahora veremos la mecánica de convertir una observación celeste en una línea de posición y trazarse en una carta.

El Almanaque Aéreo. - Esta publicación de Efeméridas astronómicas llamada almanaque aéreo se utiliza para determinar la posición de los astros en el momento de la observación; es decir, su ángulo horario y su declinación que corresponden a la posición geográfica, latitud y longitud, de su polo de iluminación.

Forma de obtener el ángulo horario y la declinación de los astros. - En el almanaque se encuentra tabulado diariamente para cada 10 minutos de tiempo medio de Greenwich el ángulo horario del Sol, Aries, planetas y la Luna. Para encontrar el ángulo horario de un astro, se busca la página apropiada de acuerdo

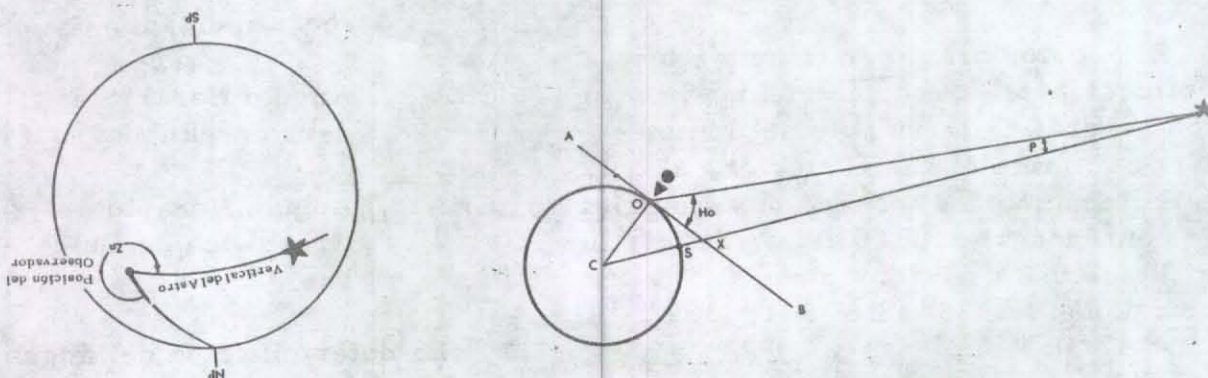


FIGURA No. 175

a la fecha, en la columna de la izquierda de cada página se encuentra el Tiempo Medio en Greenwich (GMT) para intervalos de 10 minutos. Se selecciona la hora inmediata que preceda a la hora de la observación y se encuentra el ángulo horario en Greenwich del astro observado. Para encontrar el incremento, es decir el número de minutos y segundos que hay de diferencia entre la hora de la observación y la que se utilizó para entrar al almanaque, se busca en la tabla de interpolación que está en la contratapa anterior, la corrección que debe aplicarse al valor del ángulo horario en Greenwich encontrado originalmente.

Ejemplo: Determinar el ángulo horario en Greenwich (GHA) para el Sol a las 03:11:32 de tiempo medio de Greenwich (GHT) para el día 10 de Diciembre de 1976.

GHA a las 03:10 229° 18.7'

Incremento para 1m32s 23:0'

GHA a las 03:11:32 229° 41.7'

La declinación del Sol para la misma fecha y a la misma hora será: S 22° 54.9'

El ángulo horario en Greenwich y la declinación del astro, determina la posición geográfica de su polo de iluminación; así, para el caso anterior, el polo de iluminación del sol tendrá las siguientes coordenadas a las 03:11:32 del día 10 de Diciembre de 1976. Latitud 22° 54.9' Sur y Longitud 130° 18.3' Este (360° - 229° 47.1).

A diferencia del sol, la luna y los planetas; la declinación de las estrellas permanece constante por lo que en el almanaque aparece una sola vez. La decli-

nación de cada una de las 57 estrellas usadas en navegación celeste, aparece en una tabla en la contratapa anterior del almanaque, en esta contratapa también se encuentran tabulados los valores de ángulo horario sidereo (SHA) correspondiente a cada estrella. Aunque el ángulo horario en Greenwich de las estrellas cambia con el tiempo, su posición relativa con respecto al primer punto de Aries (Υ) permanece constante; por consiguiente no es necesario tener tabulado el ángulo horario en Greenwich de cada estrella, pues para obtenerlo basta con sumar el ángulo horario en Greenwich del primer punto de Aries que se encuentra tabulado en las páginas diarias, con el ángulo sidereo de la estrella.

Ejemplo: Determinar el Angulo Horario en Greenwich de Dubhe a la 12:13:15 hora media de Greenwich (GMT) para el día 10 de Diciembre de 1976.

(GHA Υ) Angulo Horario en Greenwich de Υ -
para las 12:10 del 10 de Diciembre. 261° 50.8'
Incremento 3m15S 48.9

(GHA Υ) Angulo Horario de Υ para la hora y fecha indicada. 262° 39.7'

(SHA *) Angulo Horario Sidereo de Dubhe 194° 26.0'

(GHA *) Angulo Horario en Greenwich de Dubhe 97° 05.7'

La determinación del ángulo horario en Greenwich de la luna se determina en la misma forma que el del sol y los planetas, solo que debido al rápido cambio, tiene su propia tabla de interpolación.

Cálculos. - Una vez tomada la altura de un astro a una hora cualquiera y a esa misma hora determinada el ángulo horario en Greenwich y la declinación del astro, se está en condiciones de fijar el polo de iluminación en la carta así como trazarse el círculo de alturas iguales que define la línea de posición.

Este método es poco práctico e inexacto y lo que se hace en la práctica es resolver mecánicamente por medio de las tablas náuticas el triángulo esférico, ó triángulo astronómico.

El objeto de resolver el triángulo astronómico es el de encontrar la altura y el azimut de un cuerpo celeste desde una posición conocida, este término de conocida, se verá más claro después. Los vértices del triángulo astronómico constituyen el polo celeste, el zenit y el propio astro. El polo es una posición fija de la esfera celeste, el zenit depende de la posición del observador y la posición del astro está dada por su ángulo horario en Greenwich y su declinación obtenidos en el almanaque para la hora de la observación.

Los lados del triángulo lo constituyen:

1. La co-declinación ó distancia polar que es el arco de círculo máximo que va del astro al polo y su valor es igual a 90° - declinación.
2. La co-latitud o sea el arco de círculo máximo que une el zenit con el polo y se obtiene restando de 90° la latitud del observador.
3. La co-altura o distancia zenital que es el arco de círculo máximo que va del astro al zenit y se obtiene restando de 90° la altura observada.

Conociendo dos lados del triángulo y el ángulo que forman, puede determinarse el tercer lado y los otros dos ángulos.

La altura del astro está dada por la diferencia entre 90° y la distancia del astro al zenit. El azimut es el ángulo formado entre círculo horario que pasa por el astro y el vertical del astro medido en el zenit y en el sentido de giro de las manecillas del reloj.

Por lo que vemos en el párrafo anterior, podemos determinar la altura y el azimut de un astro visible desde cualquier punto conocido de la tierra. Pero si el punto es conocido, cabe preguntarse ¿a qué hacer una observación si el objeto es saber donde nos encontramos? Bien, esa altura y azimut calculados en la forma dicha, corresponden a una posición asumida pero que puede o no corresponder a la que tiene el observador en el momento de la observación. Es una posición que se asume próxima a la posición de estima para a partir de ella encontrar el valor de una altura llamada "calculada" que se va a comparar con la altura observada desde la posición real del observador.

La comparación de estas dos alturas, es decir su diferencia aritmética da por resultado la llamada "corrección" (intercep) y cuyo valor en millas náuticas representa la distancia que hay entre la línea de posición que pasa por la posición asumida y la que pasa por la posición del observador. Cuando la altura calculada tiene mayor valor que la altura observada, la línea de posición correspondiente a la posición asumida estará más cerca del polo de iluminación que la línea de posición correspondiente al observador; en este caso la corrección se debe aplicar alejándose del astro.

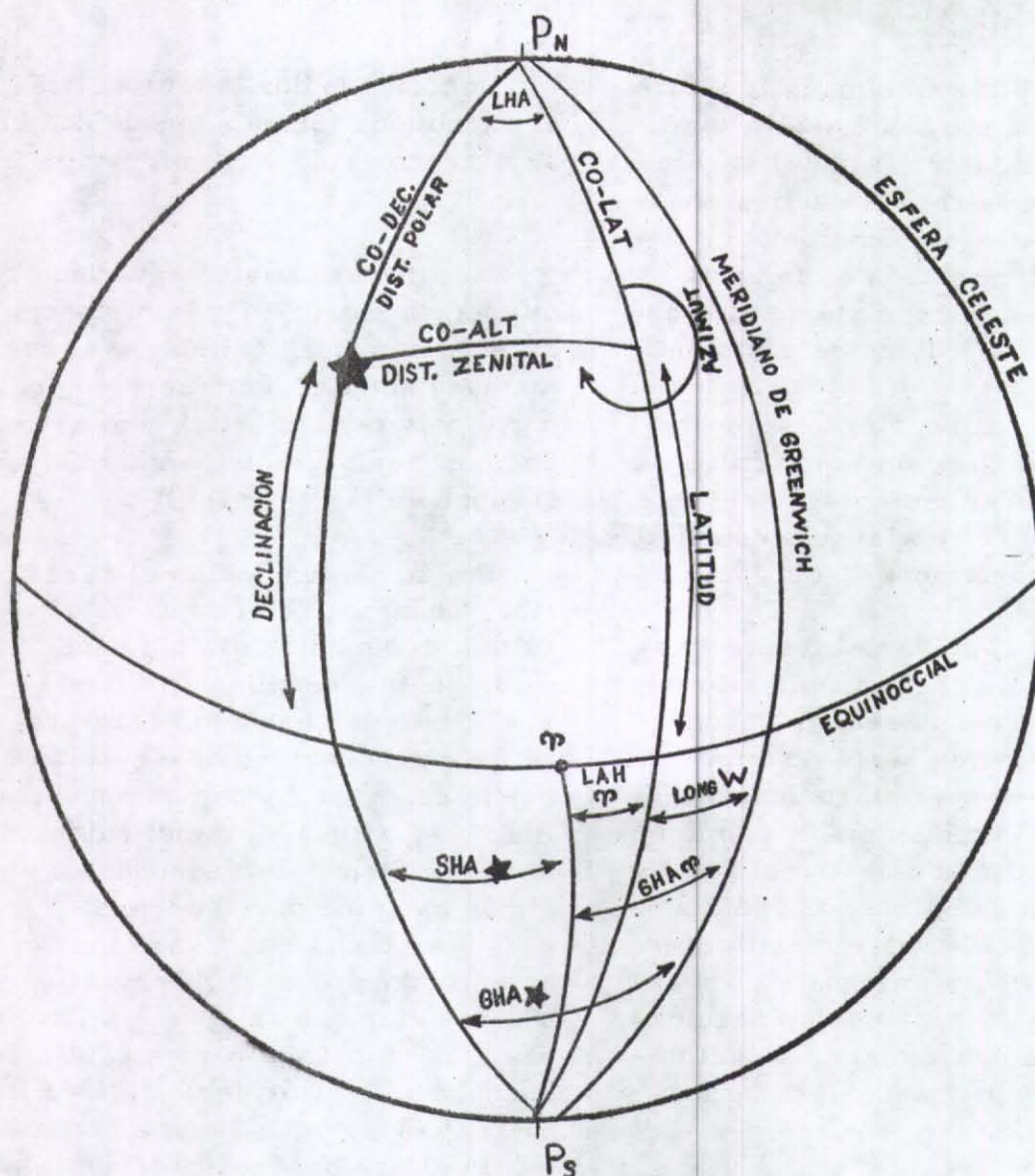


FIGURA No. 176

En caso contrario cuando la altura - observada es mayor que la calculada, la corrección se aplica hacia el astro.

EJEMPLOS:

(1)
 Hc $42^{\circ} 20'$
 Ho $42^{\circ} 18'$
 C 2 MN alejándose del astro
 Azimut (Z) 050°

(2)
 Ho $42^{\circ} 23'$
 Hc $42^{\circ} 20'$
 3 MN hacia el astro
 Azimut (Z) 050°

La posición que se asume para calcular la altura y el azimut, debe estar lo más cerca posible de la posición de estima, aunque la línea de posición resultante no tendrá ningún error apreciable si esta posición asumida está a cien millas de la posición actual. La posición asumida se toma en grados cerrados de latitud y una longitud tal que aplicada al ángulo horario en Greenwich del astro, proporcione un valor en grados cerrados de ángulo horario local (LHA). Esta manera de tomar la posición

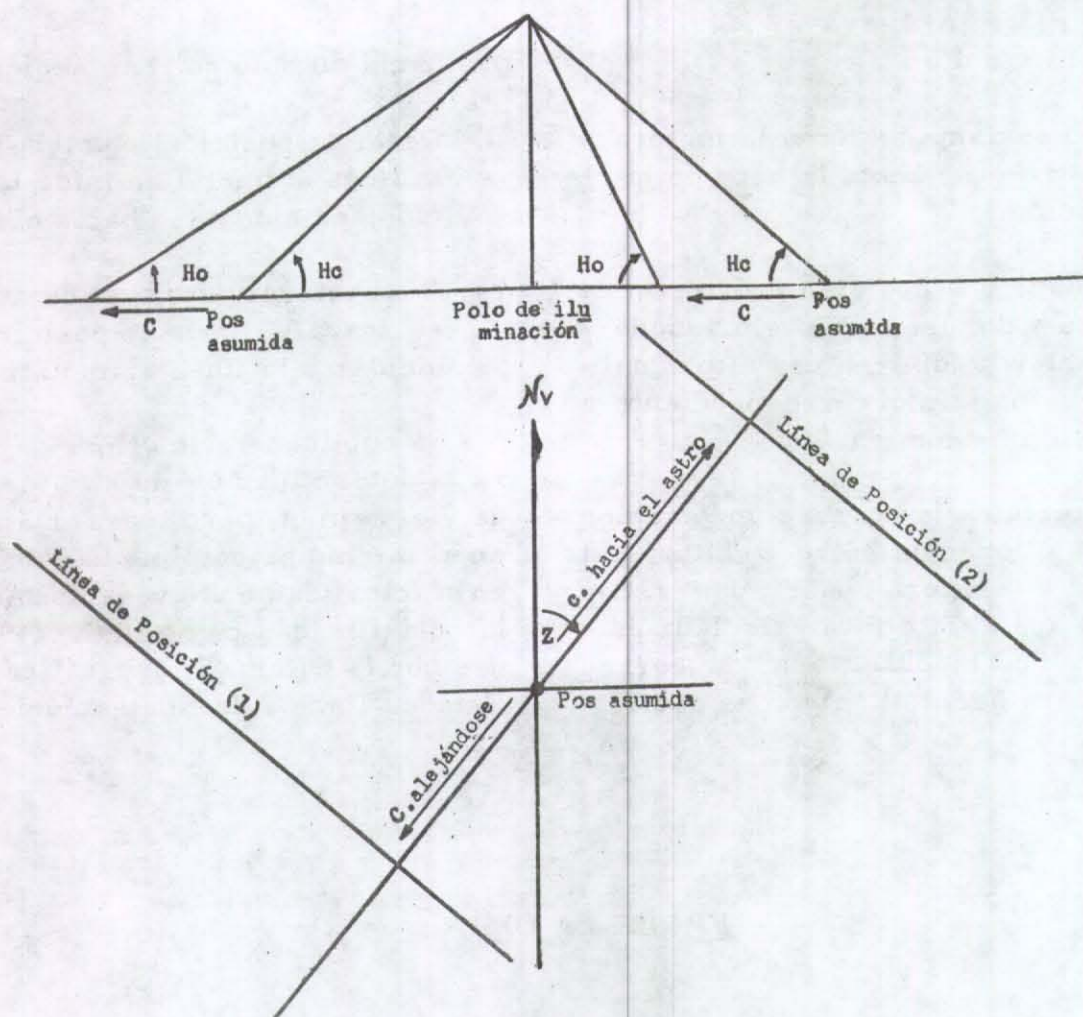


FIGURA No. 177

asumida, elimina la necesidad de interpolar entre los valores obtenidos en las tablas.

Ejemplo: La posición estimada para un avión a las 05:30 de tiempo medio de Greenwich es: Latitud - $39^{\circ} 15' N$ y la longitud $34^{\circ} 02' W$. A las 05:30, se observa Dubhe cuyo GHA a esa hora es $106^{\circ} 05'$. La posición asumida para el cálculo de la altura y el azimut será: Latitud $39^{\circ} 00' N$ y longitud $34^{\circ} 05' W$; de tal manera el ángulo horario local resultará de 72° ($106^{\circ} 05' - 34^{\circ} 05'$).

Los valores para entrar en la tabla y obtener el valor de la altura calculada y el azimut, serán: la latitud asumida - (39°), la declinación ($61^{\circ} 57.4'$ obtenida en el almanaque) y el ángulo horario local (LHA 72°). El resultado al entrar en la tabla, dará una altura calculada de: - $41^{\circ} 56.6'$ y un azimut de 037° .

Si la observación de Dubhe a las 05:30 dió una altura de $42^{\circ} 00'$ tenemos los elementos para determinar la corrección y trazar una línea de posición:

Altura Calculada	$41^{\circ} 56.6'$
Altura Observada	$42^{\circ} 00.0'$
Corrección	3.4 M. N.
hacia el astro	

Resumiendo:

- a) Con el sextante se toma la lectura - del astro y se anota la hora de la observación.
- b) Se asume una posición próxima a la estima y por medio del almanaque y las tablas se obtiene una altura calculada y un azimut correspondiente a la posición asumida.
- c) Se determina la corrección obteniendo, la diferencia entre la altura calculada y la altura observada, recor dando que si la altura calculada es - menor que la observada, la corrección será hacia el astro, es decir, -

hacia su polo de iluminación.

- d) Desde la posición asumida y sobre - la línea azimutal se mide la corrección, en este caso hacia el astro.
- e) A través del punto así determinado - se traza la línea de posición perpendicular a la línea azimutal.

Se publican varios tipos de tablas para la determinación de la altura calculada y el azimut, pero todas están basadas en el mismo principio. Las más usadas en la actualidad en Navegación Aérea, son las clasificadas como H. O. 249 publicadas por la Oficina Hidrográfica de los - Estados Unidos de Norteamérica.

FIN DE LA OBRA