

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA

EL PAPEL DE LA OTORRINOLARINGOLOGIA
EN LA
ACTIVIDAD HUMANA
DEL VUELO

Memoria que presenta, para optar al grado de
Doctor en Medicina,

JOSE LUIS LOPEZ VILLA

Madrid, 1992.

Dña. M^a ROSA VILAS DIAZ, Profesor de la Facultad de Medicina, y Directora del Departamento de Cirugía II, de la Universidad Complutense de Madrid.

C E R T I F I C A : que la Tesis Doctoral, titulada, "El papel de la otorrinolaringología en la actividad humana del vuelo ", realizado por D. José Luis López Villa, bajo la dirección del Profesor D. JOAQUIN POCH BROTO, ha sido considerada por el Consejo de Departamento para ser presentada ante el Tribunal Calificador.

Y, para que conste y obre los efectos oportunos, firmo el presente certificado.

En Madrid a 29 de Septiembre 1.992

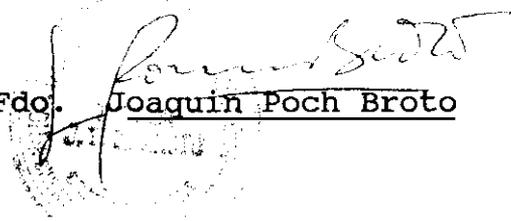
Vilas
Fd^a M^a Rosa Vilas Díaz.



D. JOAQUIN POCH BROTO, Catedrático de Otorrinolaringología de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid.

C E R T I F I C A : que la Tesis Doctoral " titulada, "El papel de la otorrinolaringología en la actividad humana del vuelo", ha sido realizada, bajo mi dirección por D. José Luis López Villa , y que dicha memoria reúne las características necesarias para su presentación, como Tesis Doctoral.

Madrid 26 Octubre 1.992


Fdo. Joaquín Poch Broto

Realizada en el Centro de Instrucción de Medicina Aeroespacial (C.I.M.A.), bajo la dirección del Profesor D. Joaquin Poch Broto, Catedrático de Otorrinolaringología de la Facultad de Medicina de la Universidad de Madrid.

A la legión de Caballeros del Aire que, afortunadamente he conocido. Cuya ejemplaridad, ha sido mentora de mi seducción por todo lo aeronáutico; así como, mi permanente recuerdo, para aquellos que, hicieron la sublime entrega con el Destino.

" El vuelo dimensiona la obra del Creador a lo infinito"

Sant Esupery.

3.1.3.2	Célula.....	54
	Cabina.....	55
	Carlinga.....	55
	Sistemas presurización Condición ambiental.....	65
	Ruido en Cabina.....	67
3.1.3.3	Propulsión	
	Motor convencional y hélice.	83
	Turbina: reactor.....	89
	turborreactor....	89
	Mixta: turbohélice.....	94
3.1.3.4	Sistemas de Control	
	Instrumentos de vuelo.....	94
	Mandos operacionales.....	94
3.1.3.5	Ayudas a la Aeronavegación	
	Sistemas VOR,TACAN,OMEGA..	102
	Sistemas de Alarma.....	103
	Sistema de Comunicaciones..	110
3.1.3.6	Ruido Aeronáutico.....	116
3.1.4	E L H O M B R E.....	137
3.1.4.1	Selección	
	Idoneidad a normas O.A.C.I.	137
	a norma Militar	138
3.1.4.2	Mantenimiento	
	Entrenamiento fisiológico (Estado actual/Panorámica ac- tuante de la especialidad)	141

Simulador de Vuelo/Desorientador.E....142

3.4 VALORACION DE LAS PRUEBAS DE LA FUNCION VESTIBULAR..147

3.4.1 Consideraciones previas.

3.4.2 El asesoramiento de los tests vestibulares.

Electro-oculo-grafia	153
Test Sacada	155
Test del Seguimiento Ocular	159
Test Postural y posicional	160
Test Calórico	162

3.4.3 Nuevos Tests

168

4. MATERIAL Y METODOS:

198

Estudio Prospectivo de la Posturografia Dinámica Computada

4.1	Planteamiento	198
4.2	Metódica	199
4.3	Resultados	200
4.4	Discusión	201
4.5	Conclusiones.....	203

Anexo Secuencial

204

Id. A 1	Modelo evaluador prueba vertífugo.....
Id. A 2	Modelo anamnesis otoneuroftalmológica....
id. A 3	Modelo anamnesis cinetopatía.....
id. A 4/7	Modelo de prueba EQUITEX.....

BIBLIOGRAFIA.

A.D.I. Attitude Director Indicate
A.F.C.S. Avanced Forward Control System.
A.F.I.S.C Air Force Inspection Safety Center (AFB Norton)
A.I Articulation Index.
A.M.E. Aviation Medical Examiners.
A.N.S.I. American National Standarad Institute.
A.T.C. Air Trafic Control.
A.T.P. Advanced Turbo Propeller.
B, T.N.E.L: (HOLANDA) Molestia Nivel Total de Ruido.
C.A.M.I. Civil Aeromedical Institute.
C, MAL (ex-RFA) Nivel Medio de Molestia del Ruido
C.N.R. Indice de Ruido Compuesto. (USA)
C.T.R. Catodic Tube Roentgen.
EPndB Effective Perceived Noise en dB
EPNL Effective Perceived Noise Level en dB.
F.A.A. Federal Aviation Agency.
L.O.C. Loss of Consciousness
M.E.D. Minimal Erythema Dose.
MIL-STD-147A Military Sound Threshold Deffender.
MOOSE Manned Orbital Operations Safety Equipment.
NOTAR NO TAIL ROTOR.
O.S.H.A Ocupational Safety and Healh Administration
PNdB Perceived Noise en dB.
PLSS PORTABLE LIFE SUPPORT SYSTEM
S.P.H SOUND PROTECTION HELMET.
V/STOL Vertical/Short Take Off Landing.
V/TOL Vertical Take Off Landing.E

1. AGRADECIMIENTO

- A la Providencia, que en éstos decenios de vida, nos ha dado, la posibilidad de conocer, comparar y admirar, la evolución de las Ciencias, y de la Humanidad; en su proyección O.R.L., dentro de la Medicina Aeronáutica, con logros únicos. Posibilitando la realización de la presente tesis.
- A cuantos han ejercido su magisterio , en las distintas etapas de mi formación básica, como médico, con especial recuerdo, a mis exímios docentes, Profesores: Ipiens, Martín Lagos, Enriquez de Salamanca, Soriano y Piulach. Incentivadores de mi interes, por la clínica y la cirugía .
- A la Cátedra de Otorrinolaringología de la Universidad Complutense de Madrid, a la que desde 1.963, con mi especialización, he permanecido vinculado. Desde mi respetado y admirado maestro, el Profesor D. Rosendo Poch Viñals, hasta su actual titular, el Profesor D. Joaquin Poch Broto, quien, como mentor y director de ésta tesis, ha tomado la responsabilidad de dirigirnos en éste amplio y versatil temario.
- A la Profesora Adjunta de dicha Cátedra, Dra. Dña. Rosa Vilas, por la supervisión ejercida en el tratamiento de la misma.
- A todo el equipo humano del Centro de Instrucción de Medicina Aeroespacial, (C.I.M.A.), de los distintos servicios clínicos, y aeronáuticos: entrenamiento fisiológico/ cámara de baja presión; de fotografía, y biblioteca . Tanto técnicos superiores, como auxiliares, que con sus conocimientos, y experiencias, han allanado, el tratamiento de diferentes apartados, de datos, gráficos, etc, y en ocasiones por su contagioso e inefable aliento, para su logro.
- A tí benevolente y paciente lector, en la esperanza de que su lectura, sirva para inquietar tú espíritu científico, en aras de la ciencia, y del progreso tecnológico médico, mi más respetuoso agradecimiento.

2. INTRODUCCION.

Desde los inicios de la ocupación del planeta azul, la Tierra, (Fig. 1) por el hombre, varios hitos, fueron su anhelo y acicate. De ellos, el fuego, no fué de difícil, logro y dominio. Pero otros, como la contemplación proximal del firmamento, y el vuelo de las aves, constituyeron su más frustrada pretensión.

Así, en la comparación de las montañas más altas con el cielo, estableció, los techos del mundo, como el Tibet, Himalaya, Andes, etc., según fuera su área geográfica de ubicación, rodeando la conquista de dichas cimas, de todo lo imaginativo e enigmático, que su inquieto espíritu le dictaba.

Pero, el advenimiento, y desarrollo de la conquista del por hoy, llamado VIII Continente, EL ESPACIO, por los más pesados que el aire, sólo tendría lugar en éste singular, siglo XX. Presagiado, ya a finales del precedente con los más ligeros, globos calientes, de hidrógeno, y planeadores.

El reto biológico y tecnológico, del binomio: hombre / máquina, se inició, con el desconocimiento de las muy variadas limitaciones de ambos, y que la ingeniería y la medicina, aeronáuticas respectivamente, han tratado de superar.

De todos es conocido, y asumido, por ejemplo, que filogenicamente, el hombre, es el mamífero, cuyo sistema de equilibrio, alcanza su mayor evolución para la bipedestación, la deambulación, y la marcha. Pero en contraposición, su adaptación al medio líquido es casi cuestionable, y en el caso particular, que nos ocupa, el espacio; su disposición biológica, le es no sólo inadecuada para su posicionamiento, sino ocasional fuente de desorientación en él, cuando no puede fijar la vista en el horizonte ó en el ocasional vuelo nocturno.

Esta evolución se ha alcanzado en los últimos 89 años, de tal modo, que un niño que, a los 6 años, hubiera visto a los hermanos Wright volar en Kitty hawk a los Flyer I/II, (Fig.2) en diciembre de 1903, hoy día, sería un excepcional testigo, próximo en su centenario, del desafío tecnológico obtenido, al pasar de 70 kmts de velocidad, a 40 mts. de altura y 3 minutos de tiempo de vuelo, a los 25.000 kmts/hora, para lograr la velocidad de escape a la atracción terrestre, a los 500.000 kmts, de ida y vuelta a la luna, ó permanencias en el espacio superiores a los 283 días de duración.



Fig.1

lo relacionable con la dinámica del vuelo, desde el Dr. PEREZ NUÑEZ, médico pionero de la aeronáutica militar, piloto e instructor en los Farman, a principios de éste siglo, hasta los aún recientes del Ilustre Profesor de O.R.L. Dr. AZOY *, sobre audiotrauma. Los del director de la presente tesis, Profesor Dr. POCH BROTO, sobre disfunciones vestibulares observadas hace años en pilotos foráneos; como el interes por las aerocinetosis del también Prf. Dr. GARCIA SOTO.

En algunos casos, en aras para mejor conocer, y valorar la patología que dicha práctica conlleva, han obtenido licencia de vuelo, tanto los precitados, como otros, entre los cuales está el autor de la presente tesis, que ha contabilizado unas 800 horas en vuelo monoplaza, en versión con y sin motor.

Por ello, el precitado binomio, hombre / máquina, será tratado en su auténtica di-
 sión e interdependencia: MEDIO (endo /
 exosfera), MAQUINA
 (avión/aeronave espacial); MISION (civil/
 militar), HOMBRE
 (tripulante de avión/
 aeronave espacial;pa-
 sajero).

Nuestra exposición puede adolecer de brevedad; de excesiva extensión, e incluso de propiciar la opinión debatible, pero sepa el amable lector, que lo pretendido, ha sido unicamente armonizar, la esencia de lo tratado, en su visión actualizada con la experiencia del autor, de casi V lustros en la atención y seguimiento de tripulaciones aéreas.

Es obligado, el recuerdo de cuantos han mostrado un particular interes con todo

2.1. Justificación:

En una benevolente comparación, acorde a la historia clínica, en la que al paciente se le interroga con las tres clásicas preguntas, - ¿ Que aqueja?, ¿ Desde cuando ?, y ¿ a que lo atribuye?, nosotros nos hemos cuestionado los siguientes interrogantes de la presente tesis:

¿ Que razones han inducido la elección de tratar la O.R.L con la actividad del vuelo?
 ¿Desde cuando las motivaciones inductoras de dicho estudio?
 ¿ Como y para que de la misma?.

En cumplida respuesta a la primera cuestión, decimos que dentro de la Medicina Aeronáutica, definida, como la rama de la Ciencia Médica, que estudia las manifestaciones fisiopatológicas provocadas por el vuelo, consecuentemente investiga las causas; define, como adecuar el cuerpo humano ,y nos muestra las medidas preventivas que posibilitan dicha actividad.

El papel desempeñado por la O.R.L, comporta un tanto el de la anónima desconocida, dentro de la Medicina de Vuelo.

En la práctica de aquel, no podemos dejar de valorar los diferentes sistemas, órganos y aparatos, que integran, la biología del tripulante, por ello en su práctica damos por asumido, que aquel precisa de una eficiente agudeza visual, de una capacidad sensorial de respuesta ante situaciones estandard ó de emergencia, y siempre en plenitud física. Es lo que los sajones, en orden práctico, expresan con su tripe de: conocimiento, habilidad y juicio.



Fig.2

Por ello, sin protagonismo, y menos en detrimento de otras disciplinas, dimensionamos su interconexión. Como ejemplo esclarecedor, veamos un supuesto práctico, en el área circunscrita de la población tripulante, el piloto:

Aquejado de un catarro común nasal, su ocasional tubaritis puede generarle una disfunción vestibular, que alterando su equilibrio, le incapacite para subir / acceder a la aeronave e incluso abandonarla.

A su vez, la anosmia transitoria le desinforma de cualquier emergencia de emisión de gases, humos, etc, al tiempo que dicho conflicto respiratorio, por la congestión mucosa y la adicional rinorrea, le obligaran incomodamente a respirar por vía transoral, no posibilitándole el uso vital de su máscara de oxígeno.

Si aún, en estas condiciones pone en marcha sus motores, la voz distorsionada emitida por su laringitis secundaria, no logrará hacerse entender con el controlador de vuelo, y no podrá realizar su rodaje, puesto que el bloqueo del oído que sufre adicionalmente empobrece la correcta recepción de los mensajes.

Tendrá que abortar la misión, sino quiere tener un incidente/accidente en el supuesto que, en dichas condiciones realice el vuelo.

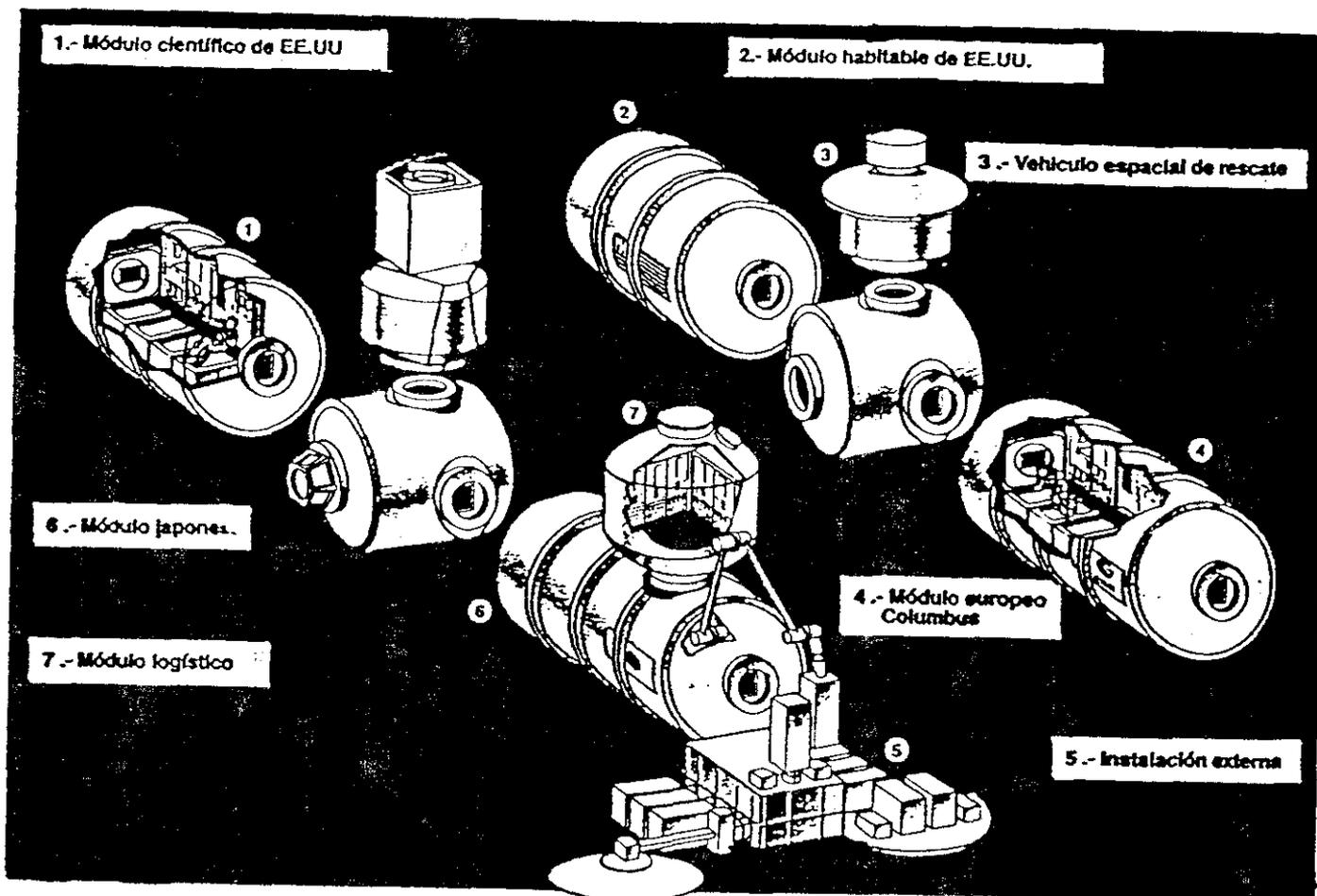
Todo lo anteriormente expuesto, tanto si la aeronave es monoplaza, como en el supuesto de ser comercial, y de transporte, la seguridad del pasaje se vería amenazada.

Dicho riesgo sería aún mayor, en el supuesto de que contra toda prudencia hubiera despegado, y sufriendo una emergencia incapacitante, se produjera una colisión aérea ó una caída sobre zona poblada, como los de Ramstain ó Lockerbie.

A la segunda cuestión, de motivaciones inductoras, debo mostrar mi hibridaje vocacional "aeromédico" por razones familiares, causa de mi especialización O.R.L., asociado al tiempo, que nos ha permitido conocer y vivir, los avances médicos en conjunción con los aeroespaciales.

Desde el XI Congreso Internacional de Medicina Aeronáutica y Cosmonáutica, celebrado en Madrid del 8 al 12 de Octubre de 1.962, en el que fui soporte de dos comunicaciones, se inicia mi andadura, seguida en Jornadas O.R.L. de la Complutense, Sanidad Militar, XXX Congrso Internacional de Aviación y Medicina Espacial de octubre de 1.982 en Santiago de

FREEDOM



Chile, Congreso Internacional de Sanidad Militar en Marrakch en 1.984.

Pasando por el XIII Congreso Internacional de O.R .L., celebrado en septiembre de 1.989 en Madrid, del Simposium Internacional Padre Acosta en octubre del 1.991, hasta el XXXIX Congreso Internacional de Aviación y Medicina Espacial agosto de 1.991 habido en Estocolmo, en los que se participó con comunicaciones aeromédicas otorrinolaringológicas.

En referencia a que pretendemos con su realización. Señalar el aporte de experiencia, que al especialista, al estudioso, y al médico general, puede significarle el conocimiento actualizado de aquellos elementos que en el presente siglo, y en el inmediato XXI, serán de destacada actualidad.

En razón de que el actual vuelo "aerodinámico", circunscrito en el presente a cotas del orden de 18.000 mts (tropopausa) con aeronaves tipo Concord, serán desplazados por los nuevos Transportes Super Sónicos (S.S.T.) con techo operacional en los 30.000 mts, impulsados por motores criogénicos de hidrógeno ó de otros gases líquidos, a velocidades de 4 - 5 Mach.

Al mismo tiempo, los programas espaciales de la NASA, ESA, y de otras agencias espaciales internacionales, proyectan, la ubicación de la estación permanente Freedom (Fig. 3).

En la que módulos de diferentes países, europeos, japoneses y estadounidenses, se ensamblarán para su apoyo, y seguridad. Diferentes vehículos, como el Columbia, Hermes, etc . serán los encargados de dichas misiones, con tripulante y pasajeros, haciendose "rutinarios" dichos vuelos.

2.2. Objetivos.-

Dentro del amplio campo a tratar, se pretende:

- significar las limitaciones físicas del hombre. Especificando su patología O.R.L. en relación a la tercera dimensión. ¿ Que técnicas se han seguido para su selección, mantenimiento, entrenamiento ?, así como para la recuperación de su aptitud para el vuelo, (aerodinámico, cósmico, ó espacial). En su doble vertiente, de tripulante, tanto civil como militar.

- evidenciar la mutación habida de aquellas, por efecto de los conocimientos fisiopatológicos, con aportación documental y estadística, que pueda clarificar, y hacer más objetivable, el papel de la O.R,L.

- evaluación actualizada de los tests funcionales de mayor significación, como por ejemplo en las funciones cocleo-vestibulares.

2.3 Condicionantes:

Es esencial dejar bien clarificada, la "interdependencia" existente a efectos, de limitación de actuaciones, entre el HOMBRE, con el MEDIO donde tiene lugar aquella, vehiculado por una AERONAVE, y en MISION de hetereogénea condición.

Por ello, y en aras de lograr la mejor comprensión en la más limitada extensión, y en base al medio, donde tiene lugar la actividad, - el espacio-, debemos subdividir en nuestra exposición, al comportamiento de aquel, en la atmósfera terrestre, a través del vuelo aerodinámico, balístico, ó cósmico, con el de la exosfera, en su modalidad de vuelo espacial.

3. FISIOPATOLOGIA DEL VUELO :

A través de estos 89 años habidos en la evolución de los conocimientos, sobre velocidad (aceleración), altura, tiempo de exposición, etc. se han ido incorporando medidas de adaptación fisiológica, al objeto de posibilitar ó neutralizar su acción patógena.

Ejemplos, como, desde el uso de equipos elementales de oxigenación, hasta el empleo de trajes de vuelo presurizados, pasando desde el uso de zahones anti-g (antiaceleración) a cabinas de presión positiva en atmósfera de O₂.

El, ¿como se ha podido desarrollar el conocimiento de cuanto limitaba la adaptación del hombre al medio?, hemos de señalar la íntima correlación habida, entre la ingeniería y la medicina, (en su rama de fisiología), dentro de la Ciencia Aeronáutica.

Veamos seguidamente, dentro del condicionamiento referido de "interdependencia", que según el vuelo se realice, dentro de la atmósfera, se etiqueta, como vuelo aerodinámico, (en la homosfera), de balístico, ó de cósmico (orbital) (en la heterosfera), y en la exosfera, como vuelo espacial.

3.1. VUELO AERODINAMICO/ BALISTICO/COSMICO (ATMOSFERA):

Son los que tienen lugar a diferentes niveles del medio, llamado, atmósfera. Así denominada, la capa gaseosa, que envuelve al planeta Tierra, según la organización mundial de meteorología (OMM/WMO).

Dicha capa gaseosa, integrada por una heterogeneidad de gases, (Tabla.1), no varía su composición porcentual, pero sí su concentración ó número de moléculas con la altitud.



Fig. 4

A una altitud aproximada entre los 60 / 80 kmts., de la superficie terrestre, la sustentación de un vehículo aéreo, y su capacidad de gobierno / control, a través de superficies móviles, es de condición imposible, por el enrarecimiento del medio (Fig. 4).

Por dicha razón en memoria de Von KARMAN, su primer enunciador, se representa dicha cota, como el límite del vuelo tripulado con control aerodinámico (Fig. 5).

Del mismo modo, y en base a las características de presión parcial, como más adelante veremos, se llama nivel de ARMSTRONG, al que corresponde a una presión atmosférica de 47 mm de Hg, (19.200 m.), equivalente a la del vapor de agua, por ser a dicha cota donde, dicha presión se equipara con la presión barométrica, produciéndose el fenómeno de e-

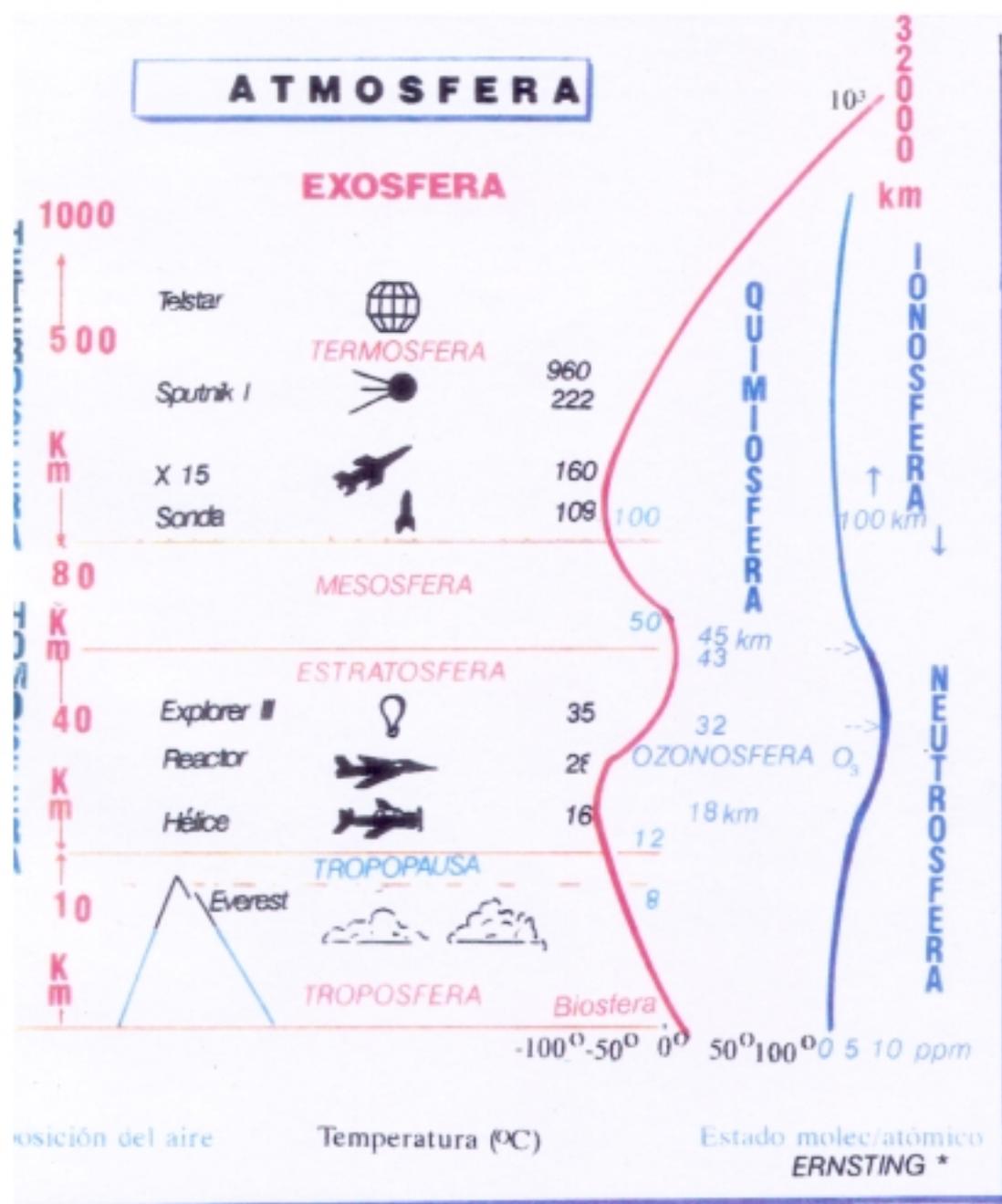


Fig.

bullición de los líquidos orgánicos, con formación de burbujas en la sangre, en las membranas mucosas de la boca, en la piel, etc.

Su ejemplo, por similitud, sería, al acto de abrir una botella de bebida a presión, con inmediata salida del líquido burbujeante, en razón de la presión diferencial existente, entre el líquido envasado y la presión exterior.

Otros límites en dicha masa gaseosa, vienen dados por el factor temperatura (TERMOSEFERA), por la ionización (IONOSFERA), y capa de rayos cósmicos, como más adelante veremos.

Al vuelo realizado por impulso vectorial, y en una altitud, superior a los 90 kms, se le dá, el nombre de balístico, por las características de su trayectoria (V-2).

En tanto que, los vuelos realizados por encima de los 150 -200 kms, por las características de lanzamiento, y trayectoria alrededor de la tierra, se denominan: orbital ó cósmico.

En dicho límite, cesa la resistencia del aire, y con ello la atmósfera sensible, iniciándose la egemonia de las leyes de los mecanismos celestiales ó régimen de KEPLER.

3.1.1 EL MEDIO (ATMOSFERA)

La masa gaseosa que envuelve a la Tierra, se la divide en capas diferentes, según los criterios que primen:

- bien sean de composición molecular,
- por sus características físicas (temperatura, densidad)
- por las disociaciones y recombinaciones moleculares, (que tienen lugar diurnas ó nocturnas en ella),
- por el grado de ionización, así como,
- por las radiaciones, bien solares ó cósmicas.

3.1.1.1 En razón de su composición porcentual, (Tabla 1) la atmósfera, muestra una constante en altitud, que determina su división en dos amplias capas, la HOMOSFERA, hasta una altitud de 100 kms., y la HETEREOSFERA, en la que dicha constante desaparece, desde dicha altura.

Constituyendo la línea oficial de demarcación entre: Atmósfera y Espacio. La propagación luminosa y sonora se limitan. El peso molecular del aire pasa de un valor de 29 (h) (28'9644) a 90 kms., de la superficie terrestre, al de 16 al rededor de los 500 kms, iniciándose la disociación del O₂, sobre la ya iniciada del N₂ a los 200 kms.

Tabla: 1

COMPOSICION DEL AIRE ATMOSFERICO (DeHart*)
(Seco, Limpio y próximo al nivel del mar)

Constituyente	Simbolo químico	Contenido (%)	Peso Molecular (g)a
Nitrógeno	N	78'08 (77'14.h)	28'014
Oxígeno	O ₂	20'95 (20'69.h)	11'99
Argon	A	0'93	39'948
Anhidrido Carbónico	CO ₂	0'03	44'009
Neon	Ne	0'0018	20'183
Helio	He	0'0005	4'002
Kripton	Kr	0'0001	83'80
Xénon	Xe	0'000009	131'30
Radón	Rn	6'0 x 10 ⁻¹⁸	
Hidrógeno	H	0'00005	2'015
Metano	CH ₄	0'0002	16'04

12

a. Basado en la escala isotópica del carbono C.

h. Valores en atmósfera húmeda. Vapor de agua H₂O..1'2 %

Debemos significar la enorme importancia del comportamiento del aire con la altitud, según sea seco, por los problemas generables de las burbujas gaseosas, que incrementan su volumen en mayor grado y a menor altura, si su condición es de aire húmedo (Fig. 6).

3.1.1.2. La atmósfera, térmicamente de abajo arriba, se divide:

- TROPOSFERA. Comprende el 80 por % de la masa gaseosa, el aire atmosférico, que envuelve a la tierra. Desde la superficie terrestre hasta una altitud, de 17 km. en el ecuador, y de 9 km. en los polos. El índice térmico disminuye en un valor de 0'65°C por cada 100 mts.

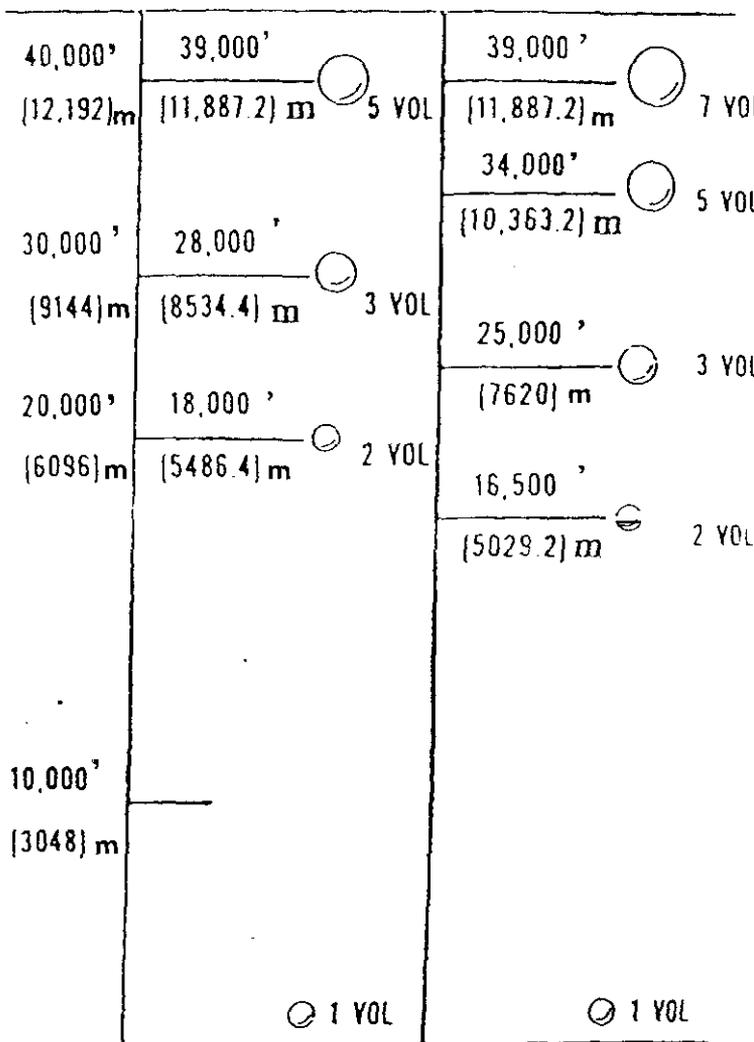


Fig. 6

El contenido de vapor de agua, es el generador de todo el componente meteorológico de nubes, y turbulencia con todo su cortejo de lluvia, nieve, niebla, tormentas, etc. El viento por el caracter adiabático, muestra con la altitud tendencia alcanzar mayor velocidad. Los fenómenos de inversión térmica tienen lugar en ella.

Preferentemente hasta la zona de máxima aclimatación, variable entre los 4.572 mts a 5.486 mts, corresponde el límite funcional respiratorio de la BIOSFERA, parte inferior de la troposfera donde se desarrollan los organismos vivos oxígeno dependientes.

ESTRATOSFERA, constituye casi el 20 por % de la masa del aire atmosférico. Alcanza una altitud de 40 kmts. En su zona inferior, por permanecer la temperatura constante, a $-56^{\circ}5$, se la denomina, "zona isoterma" (12.200 mts y 25.000 mts).

El vapor de agua es de 3 millonésimas, y subsiguientemente, ausencia práctica de nubes, únicamente fuertes corrientes de desplazamiento horizontal, denominadas jet stream. Más adelante señalaremos la razón de la constante de temperatura, así como, la elevación de la misma a $-15^{\circ}49$ a los 40 kmts, debida a la acción de los rayos ultravioleta (fotodisociación del O molecular).

2

MESOSFERA, comprende el 0,3 por % del aire atmosférico. Se estandariza su altura hasta los 80 kmts. A 50 kmts., alcanza el mayor incremento de temperatura con un valor de $0^{\circ}85$, (máxima térmica) para seguidamente ir descendiendo a $-50^{\circ}4$ en el límite señalado de su área. Es la capa donde mayor número de meteoritos desaparecen.

TERMOSFERA, contiene el 0'05 por % de la masa gaseosa, que envuelve a la Tierra, desde los 100 a los 500 kmts. En ella se alcanzan los $-63^{\circ}C$ (mínima térmica) en

su zona de inicio , para por efecto de la intensa disociación de las partículas moleculares, y de los fenómenos de ionización, como más adelante se detalla alcanzar su protagonismo.

Siendo elevadas las temperaturas de hasta 1500°C en fase de actividad solar, y de 250°C en las de reposo. En ella tienen lugar las auroras.

EXOSFERA, teóricamente aceptada a partir de los 500 kmts, y de hecho, sin límite superior por corresponder al Espacio , en su inicio. Por razones de la estratificación iónica de los átomos de N₂, O₂, He, y H, se la estima hasta los 3.000 kmts.

La atmósfera atendiendo a los procesos de disociación y recombinación molecular, que tienen lugar respectivamente , durante el día y la noche,(fotoquímica) por efecto de la radiación ultravioleta, recibe la denominación de QUIMIOSFERA, y su zona de acción tiene lugar entre, los 20 y 110 kmts.

Entre los 18.219 mts = 60.000', y los 30.480 mts=100.000' , la OZONOSFERA, muestra una concentración respectiva de 5 y 10 partículas por millón (valor máximo), que se reduce al 5 a la altura de 42.680 mts = 140.000' (Fig. 5).

A temor de la concentración de electrones, (e) nula entre la superficie terrestre , y la existente a partir de los 70 kmts de altitud, se denomina en base a ello, NEUTROSFERA , a la primera, y IONOSFERA, a la segunda hasta la altura de 500 kmts.

En la IONOSFERA, la concentración de electrones libres (e) alcanza tales cantidades, que puede reflejar las ondas electromagnéticas, lo que ha determinado, que se la haya subdividido en capas, denominadas respectivamente de inferior a superior nivel, D (70 kmts), E (110 kmts), F subdividida en F 1 (250 kmts sólo diurna), y F 2 (a 300 kmts), G, entre los 400 y 500 kmts.

¿Que consideraciones desde el punto de vista O.R.L. pueden ser sugeribles después de lo precedente, y en relación al medio?

La primera por su orden vital, está condicionada a la oxigenación tisular: la hematosi. Si se vé comprometida, de inmediato generará, a diferentes niveles sensoriales, signos de alarma, que en estadio más avanzado, por alteración de la homeostasi, pueden llegar a través de la pérdida de conciencia, al deceso.

De aquí, la enorme trascendencia que para explicar la patología aguda, y lo más importante, la subaguda por el

ATMOSFERA STANDARD INTERNACIONAL (I.S.A.)

Altitud metros	Presión en mm.Hg. milibares		Temperatura en centígrados	Densidad del aire gr/litro	Velocidad del sonido klms./hora	Presión en p.s.i.	Altitud en pies
0	760	1.013,2	15	1,225	1.225,0	14,69	0
305	733	997,1	12,8	1,190		14,17	1.000
500	716	954,6	11,7	1,167	1.218,1	13,85	1.640
610	707	942,0	11,0	1,155		13,67	2.000
1.000	674	898,7	8,5	1,112	1.211,1	13,03	3.280
1.220	656	875,0	7,1	1,088		12,69	4.000
1.500	634	845,5	5,2	1,058	1.204,1	12,26	4.920
1.830	609	811,8	3,1	1,024		11,78	6.000
2.000	596	794,9	2,0	1,006	1.197,1	11,53	6.560
2.440	564	752,4	— 0,8	0,962		10,91	8.000
2.500	560	746,8	— 1,2	0,957	1.190,0	10,83	8.200
3.000	526	701,0	— 4,5	0,909	1.182,8	10,17	9.840
3.050	523	696,6	— 4,8	0,904		10,11	10.000
3.500	493	657,6	— 7,7	0,863	1.176,5	9,53	11.480
3.650	483	644,2	— 8,8	0,849		9,35	12.000
4.000	462	616,4	— 11,0	0,819	1.168,4	8,93	13.120
4.270	446	595,0	— 12,7	0,797		8,63	14.000
4.500	433	577,2	— 14,2	0,777	1.161,1	8,37	14.760
4.880	412	548,9	— 16,7	0,745		7,96	16.000
5.000	405	540,1	— 17,5	0,736	1.153,8	7,83	16.400
5.490	379	505,7	— 20,7	0,698		7,34	18.040
5.500	379	505,0	— 20,7	0,697	1.146,5	7,32	18.800
6.000	354	471,8	— 24,0	0,659	1.139,1	6,84	19.680
6.100	349	465,3	— 24,0	0,652		6,75	20.000
6.500	330	440,3	— 27,2	0,624	1.131,6	6,38	21.320
6.710	321	427,6	— 28,6	0,609		6,20	22.000
7.000	308	410,6	— 30,3	0,589	1.124,1	5,95	22.960
7.320	294	392,4	— 32,5	0,569		5,69	24.000
7.500	287	382,5	— 33,7	0,556	1.116,6	5,55	24.610
7.930	270	359,6	— 36,5	0,527		5,22	26.000
8.000	267	355,9	— 39,6	0,525	1.109,0	5,16	26.250
8.500	248	330,9	— 40,4	0,495	1.101,3	4,80	27.890
8.540	247	329,0	— 40,9	0,492		4,77	28.000
9.000	230	307,4	— 46,3	0,466	1.093,6	4,46	29.530
9.150	226	300,6	— 48,0	0,458		4,36	30.000
9.500	214	285,2	— 52,1	0,439	1.085,9	4,13	31.170
9.760	206	274,2	— 55,1	0,425		3,98	32.000
10.000	198	264,3	— 58,0	0,412	1.078,0	3,83	32.810
10.370	187	249,7	— 62,3	0,395		3,62	34.000
10.500	183	244,7	— 63,8	0,387	1.070,2	3,55	34.450
10.980	170	227,0	— 67,0	0,365		3,30	36.000
11.000	170	226,3	— 69,7	0,364	1.062,2	3,28	36.090
11.500	157	209,1	— 69,7	0,336	1.062,2	3,03	37.730
11.590	155	206,2	— 69,7	0,331		3,00	38.000
12.000	145	193,3	— 69,7	0,311	1.062,2	2,80	39.370
12.200	141	187,3	— 56,5	0,301		2,72	40.000
12.500	134	178,6	— 56,5	0,287	1.062,2	2,59	41.010
12.810	128	170,1	— 56,5	0,273		2,47	42.000
13.000	124	165,1	— 56,5	0,265	1.062,2	2,39	42.650
13.420	116	154,5	— 56,5	0,247		2,25	44.000
13.500	114	152,5	— 56,5	0,245	1.062,2	2,21	44.290
14.000	106	141,0	— 56,5	0,227	1.062,2	2,04	45.930
14.030	106	140,3	— 56,5	0,226		2,04	46.000
14.500	98	130,3	— 56,5	0,209	1.062,2	1,89	47.570
14.640	96	127,4	— 56,5	0,205		1,86	48.000
15.000	90	120,4	— 56,5	0,194	1.062,2	1,75	49.210
15.250	87	115,7	— 56,5	0,186		1,69	50.000
15.500	83	111,3	— 56,5	0,179	1.062,2	1,61	50.850
15.850	79	105,3	— 56,5	0,169		1,53	52.000
16.000	77	102,8	— 56,5	0,165	1.062,2	1,49	52.400

Altitud metros	Presión en		Temperatura en centígrados	Densidad del aire gr/litro	Velocidad del sonido klms./hora	Presión en p.s.i.	Altitud en pies
	mm.Hg.	milibares					
16.460	72	95,6	— 56,5	0,154		1,39	54.000
16.500	71	95,0	— 56,5	0,153	1.062,2	1,38	54.130
17.000	66	87,8	— 56,5	0,141	1.062,2	1,27	55.770
17.070	65	86,9	— 56,5	0,139		1,26	56.000
17.500	61	81,2	— 56,5	0,130	1.062,2	1,18	57.410
17.680	60	78,9	— 56,5	0,126		1,15	58.000
18.000	56	75,0	— 56,5	0,121	1.062,2	1,09	59.050
18.290	54	71,6	— 56,5	0,115		1,05	60.000
18.500	52	69,3	— 56,5	0,111	1.062,2	1,00	60.690
18.900	49	65,1	— 56,5	0,105		0,95	62.000
19.000	48	64,1	— 56,5	0,103	1.062,2	0,93	62.340
19.200	47	61,1	— 56,5	0,099		0,91	63.000
19.500	45	59,2	— 56,5	0,095	1.062,2	0,88	63.970
19.510	45	59,1	— 56,5	0,095		0,86	64.000
20.000	41	54,7	— 56,5	0,088	1.062,2	0,79	65.620
20.420	37	49,3	— 56,5			0,72	67.000
21.000	35	46,6	— 56,5	0,076	1.062,2	0,68	68.900
21.340	34	45,3	— 56,5			0,66	70.000
22.000	29	38,7	— 56,5	0,065	1.062,2	0,56	71.180
22.250	28	37,3	— 56,5			0,55	73.000
23.000	26	34,7	— 56,5	0,055	1.062,2	0,49	75.460
23.100	25,2	33,6	— 56,5			0,49	76.000
24.000	21,5	28,7	— 56,5	0,047	1.062,2	0,42	78.740
24.380	20,8	27,7	— 56,5			0,40	80.000
25.000	18,8	25,0	— 56,5	0,040	1.062,2	0,36	82.020
27.430	12,9	17,2	— 49,7			0,25	90.000
30.000	8,5	11,3	— 42,8	0,018	1.095,3	0,16	98.420
30.480	8,0	10,7				0,15	100.000
35.000	4,3	5,7	— 29,14	0,013	1.127,3	0,08	114.830
36.580	3,24	4,3				0,06	120.000
40.000	2,22	2,7	— 15,49	0,008	1.158,4	0,04	131.230
45.720	1,18	1,4	— 1,90			0,02	150.000
50.000	0,90	0,63	0,85	0,001	1.194,6	0,02	164.040
60.960	0,18	0,3	— 20	0,00033	1.148,8		200.000
100.000	0,00024		— 63	0,00000053	981,6		328.080

Tabla: 2

vuelo con la presión parcial del oxígeno, y subsiguientemente, con la saturación de la oxihemoglobina. Verdadero arranque, de lo que debe considerarse, enfermedad profesional del tripulante aéreo.

En la Tabla 2. podemos facilmente ver los valores correlacionables de la altura (en pies ó metros) con la presión total, atmosférica expresada en mm de Hg ó en milibares, en libras por pulgada cuadrada, en conjunción con la densidad del aire, y la velocidad del sonido en Km/hora. Ella corresponde, a la ISA ó Atmósfera Internacional Standard.

Completase con dos importantes gráficas, la que muestra en los 15 kms. próximos a la superficie terrestre, la diferencia entre la presión atmosférica y, la presión par-

Relación entre la presión atmosférica y la presión parcial del oxígeno (pO_2)

entre 0 y 15 kmts de la HOMOSFERA

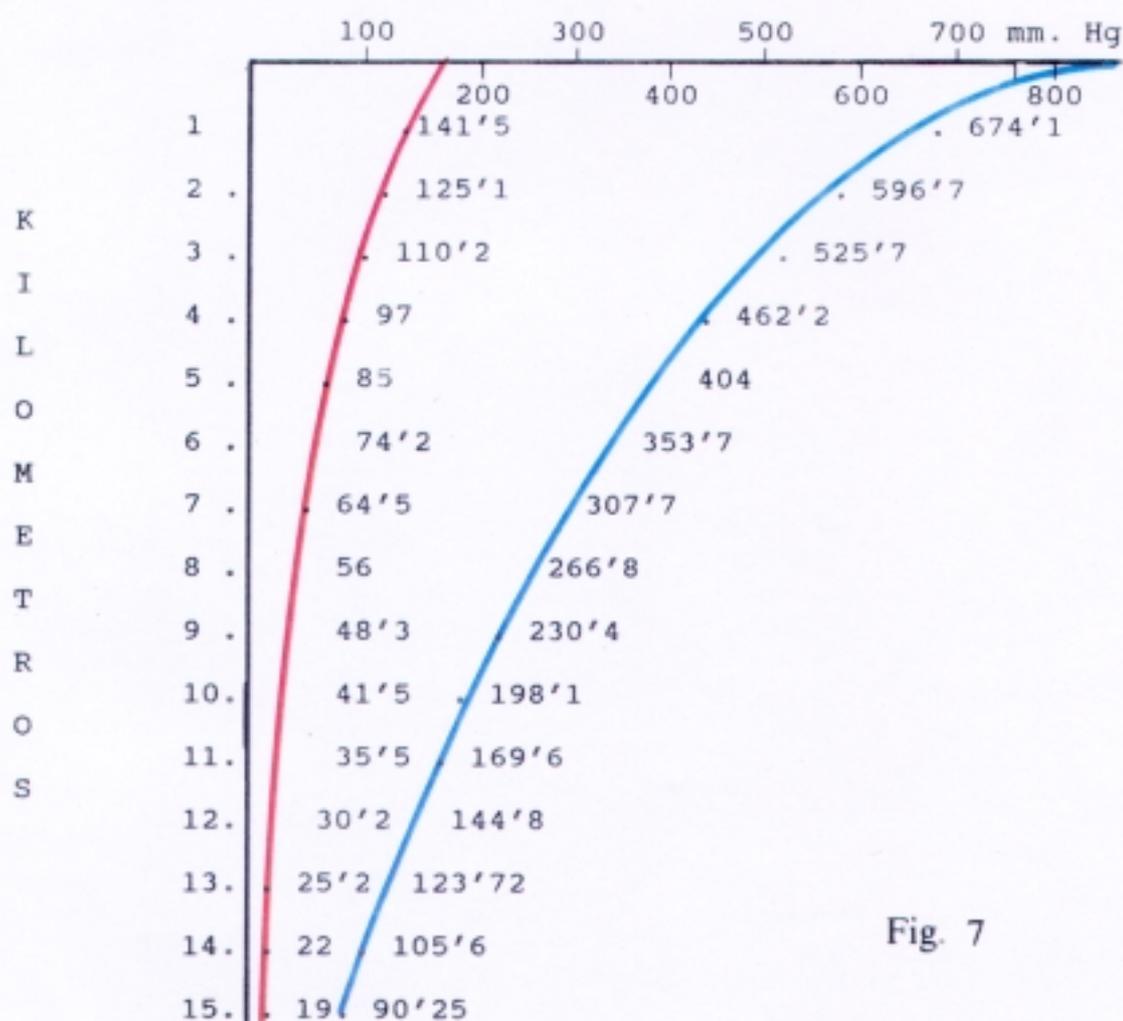
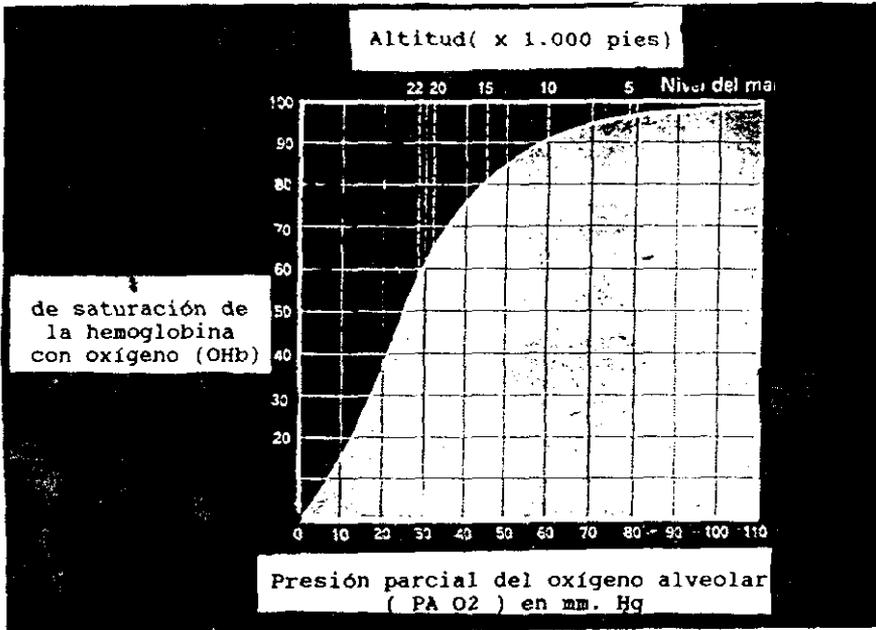


Fig. 7

cial del oxígeno (pO_2), (Fig. 7), con la que relaciona la altitud con el grado de oxigenación de la hemoglobina (OHb), y valor de la presión del O_2 alveolar (pAO_2) (Fig. 8).

Ya hemos citado, los niveles ideales en altitud de la Biosfera, denominada zona fisiológica, así como los de acomodación (entre 14.760' y 18.000'), y dentro de la llamada por algunos zona deficitaria, ya anticipada por algunos incidentes de ascensión en globo libre, como el de Tissandier, Silvel y Groce Spinelli a 28.000' (8.540 mts), citado por Paul BERT*, donde la supervivencia indefinida es imposible de no respirarse con aporte de oxígeno extraordinario .

La zona equivalente del espacio atmosférico de STRUGHOLD*, estimada por encima de los 15.250 mts (50.000'), se requiere al adicional oxígeno, el disponer de traje a presión ó de cabina presurizada.



Relación entre la altitud
y
oxigenación de la Hb.

Fig. 8

Pero si vital es la atmósfera, más lo es el grado de oxigenación tisular de los diferentes parénquimas, y su dependencia con la homeostasis. Por ello, las curvas de disociación de la oxihemoglobina, (Fig. 9) HOUSSAY* son sumamente elocuentes.

Según sea la saturación del O₂, variará con el valor del ph. Tendrá la consecuencia de que, en su valor de 7'6, la hematosis tisular estará muy limitada por ser mayor la afinidad por el O₂ de la OHb, y en esas condiciones el daño causable en áreas sensoriales, será mayor, como en condiciones de hipoxia baropática, en tanto que, a un valor de 7'2, la cesión del O₂, será más fácil.

En pocas palabras, la acidificación de la sangre, provoca al llegar a los capilares, una facilitación automática en la liberación del O₂, en tanto que la pérdida del CO₂ al llegar a los pulmones, disminuye la acidez, favoreciendo la fijación del oxígeno.

Destacar la importancia, que para las vías respiratorias superiores, tiene el grado de la humedad atmosférica (en íntima dependencia con la presión barométrica, y consecuentemente de la "temperatura del aire"). Debemos significar su doble expresión como humedad absoluta y relativa.

La primera corresponde a la cantidad de vapor de agua, expresada en gramos por metro cúbico de aire (m³). En zonas ecuatoriales, puede llegar a 20 grs/m³. En la latitud como la nuestra, entre 5-7 grs/m³. En el invierno, puede llegar a ser inferior a 1 grs. A 1.500-2.000 mts es 10 grs/m³. A 5.000 mts. escasos 2 grs/m³.

Como ejemplo, 1.000 lrs de aire a 16°C, contienen 11 grs.

CURVAS DE DISOCIACION DEL O₂

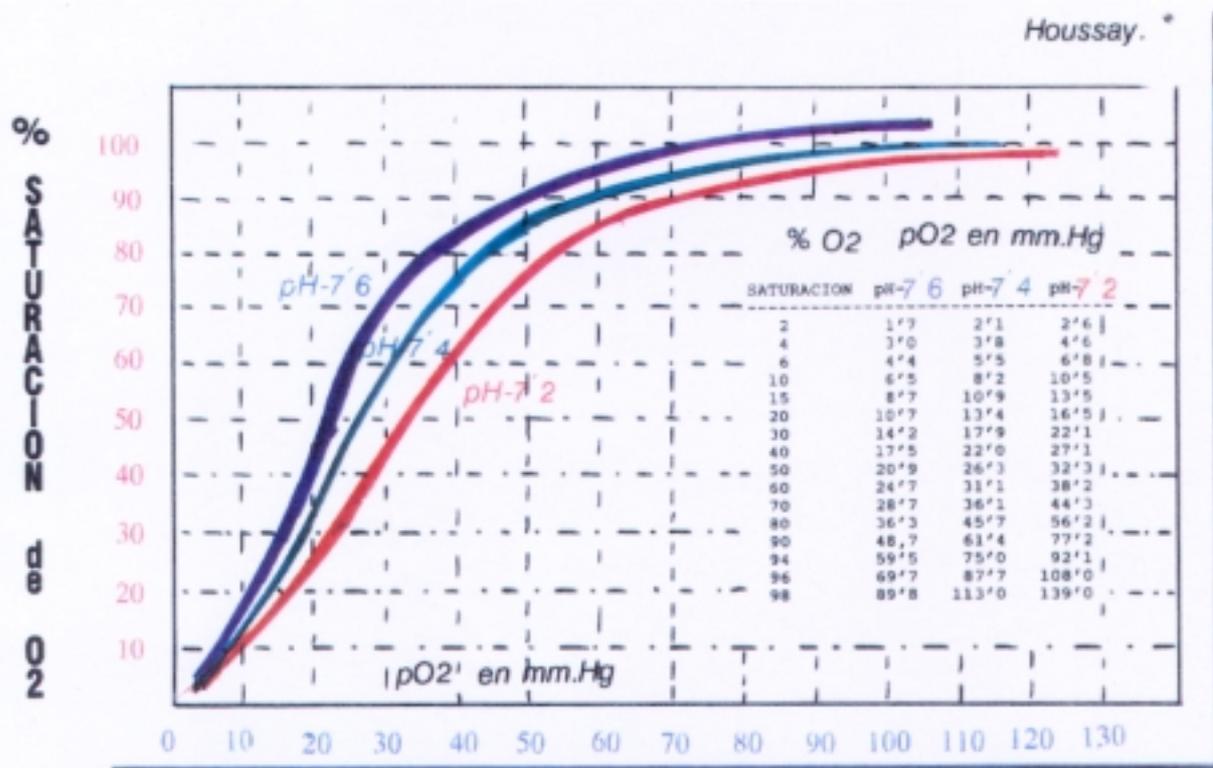


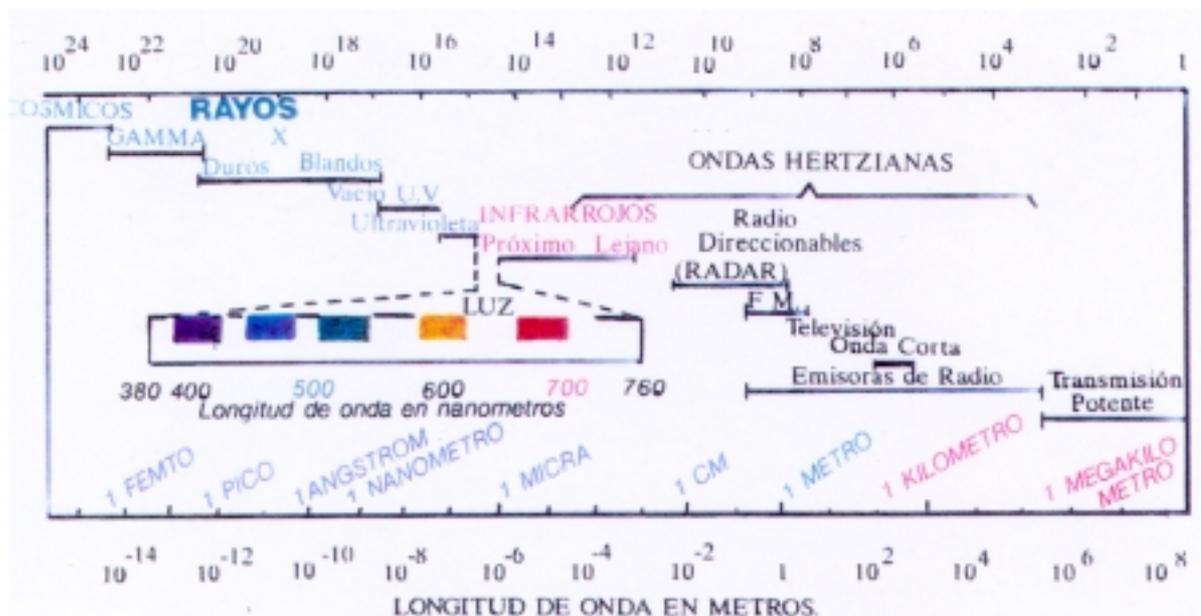
Fig. 9

de vapor de agua, pero sí la temperatura desciende a 7°C, por efecto de ascender ó penetrar en capas más frías, 6 grs, de dicho vapor de agua, se nos mostrará en gotitas, con formación de una nube, ó en gotas mayores, ocasionando rocío ó lluvia. La humedad relativa en zonas de formación de nubes es del 100%. De éste modo se muestra la dualidad de lo precedente.

La segunda ó humedad relativa, expresa la cantidad de vapor contenido en el aire en estado de saturación a un momento dado, y para una temperatura determinada. Indicase en tantos por ciento (%). En las zonas de formación de nubes es del 100%.

Dado que a determinadas alturas, es tan baja que en el caso de vuelo en cabina libre, con sistema de oxigenación elemental, de flujo continuo, la sequedad orofaríngea se vé incrementada, así como, si el sistema de oxigenación es a la demanda, en el caso de usarse oxígeno puro de nula humedad. Ello explicaría las ocasionales dificultades de la calidad de la voz en radiocomunicaciones.

En el supuesto de ir en aeronave presurizada, lo ideal sería que ésta tuviera, un nivel del 30 al 70 por %. Lo cual fuera combinable con una volumen de aire circulante del 0'2 a 0'3 m/s. Sin embargo, las tomas de aire de los



ESPECTRO ELECTROMAGNETICO DE LA ENERGIA RADIANTE.

Fig.

compresores no favorecen, estas estimaciones. Siendo en cabinas totalmente ocupadas, sus valores tan bajos, que generan gran disconfort, y se favorecen procesos lesivos rinosinusales y laríngotraqueales.

Hemos señalado los niveles de concentración (p.p.m.) del ozono, dentro de lo QUIMIOSFERA, generado por la foto-disociación del oxígeno molecular bajo el efecto de los rayos ultravioleta, de longitud inferior a 2.400 Angstrom. (Figs. 5 y 10). El O₂ atómico así formado, al combinarse con las moléculas de oxígeno, genera el O₃. También se absorben una cierta cuantía de rayos solares visible e infrarrojos, contribuyendo a la elevación de la temperatura en la estratosfera.

No vamos a señalar los riesgos a quemaduras por la acción de dichos rayos, en las altas capas para los tripulantes, ni los efectos que conllevaría el empobrecimiento de dicha capa ozónica sobre la superficie terrestre. Pero sí ha de recordarse que entre, los 18 - 45 kmst., se alcanzan valores de hasta 10 p.p.m. de concentración media, y excede el de 12 p.p.m. entre 22 - 26 kmst.

Dicha concentración depende de altitud del vuelo, latitud geográfica, estación del año y de la actividad solar; tienen efecto corrosivo sobre los metales, y degrada el caucho. Sobre las mucosas rinofaríngeas sería abrasivo, aún a dosis inferiores a 5 p.p.m.

En el particular caso del Concorde, y en el supuesto que los compresores que mantienen la presión de cabina falla-

ran, el riesgo de su neutralización por disociación térmica, que habitualmente tiene lugar a 400° C, en dichos equipos serían su hipotético riesgo.

Se ha aducido, que al iniciar el descenso del nivel de vuelo, y cambiar la temperatura en las turbinas de dichos compresores a 150°C, existiría un riesgo de una muy breve exposición a una concentración de 0'1 p.p.m. o 0'2 mgrs por m³ (nivel en USA) ó superior, tolerable para el hombre.

No obstante, y para dar el mayor grado de seguridad a los ocupantes de la cabina de dicho S.S.T., está dotado de un filtro catalítico en el circuito de presurización para neutralizar el ozono que ocasionalmente pudiere penetrar.

Es de interés por su ocasional acción sobre las áreas cutáneo mucosas, el que la capa IONOSFERA, recibe el flujo de partículas emitidas en el curso de las erupciones solares, que pueden llegar por encima de los 20 kmts. a los 25 mr.

Se atribuyen a las radiaciones cósmicas galácticas, el 85% de protones, 14 por % de partículas alfa, 1 por % de núcleos atómicos, (H, He, O, N, C, Fe, etc), pero a 20 kmts el 37 por % de los núcleos quedan excindidos.

Se estima:

superior a 50 kmts/24 horas/radiación > 15 mrem ó 0'15 Sv.

a 23 kmts/24 horas/radiación 15 mrem ó 0'15 Sv.

a 0 kmts/24 horas /radiación 0'1 mrem ó 0'01 Sv.

En los vuelos con aviones de Transporte Super Sónico, (S.S.T.) tipo Concorde, se sitúan, en la altitud de crucero (máximo techo), a la referida radiación en unos valores de entre 0'5 a 1'1 mrem. por hora.

A bordo de estos existe un detector A.W.R.E. (radiómetro), con dos niveles de detección: uno de alerta (10 mrem = 0'1 Sv), y otro a 20 mrem = 0'2 Sv, con avisadores lumínico y sonoro, que hace imperativo por el flujo de protones, el descenso inmediato.

Las ocasionales erupciones solares, son las que han procurado hasta valores de 100 mrem a 17.000 mts, en registros de 1.978 y 1.972, según FULLER & SIMON*.

Como hecho práctico, se estima, que un piloto volando 1.000 horas anuales, y a un techo de 20 kmts, sufre un riesgo equivalente a la mitad del de un operario, que trabaja en un puesto de exposición a radiación conocida.

3.1.2. LA MISION

La actividad por la cual el individuo se ve inmerso en el medio, que hemos precitado, viene dada por dos parámetros, totalmente contrapuestos. Uno, el del sujeto activo, que vive de la profesión aeronáutica por la práctica del vuelo, y el otro, el de la persona, que pasivamente participa de dicho medio, como realidad del transporte aéreo, el pasajero.

Por ello, las poblaciones que potencialmente puedan sufrir las consecuencias de la actividad aeronáutica, estarán diferentemente condicionadas, en unas existirán pruebas selectivas, de periódico control de su plenitud psicofísica, de entrenamiento, real y simulado de procedimientos. En tanto que, el pasajero, como veremos, no sufre en general, ninguna de dichas premisas, aún cuando no queda excluido de sufrir posibles consecuencias.

Por ello, todos los Estados Soberanos, disponen de una vertiente ó rama civil a través de sus Ministerios respectivos de Transportes, (en su mayoría acogidos a la I.C.A.O

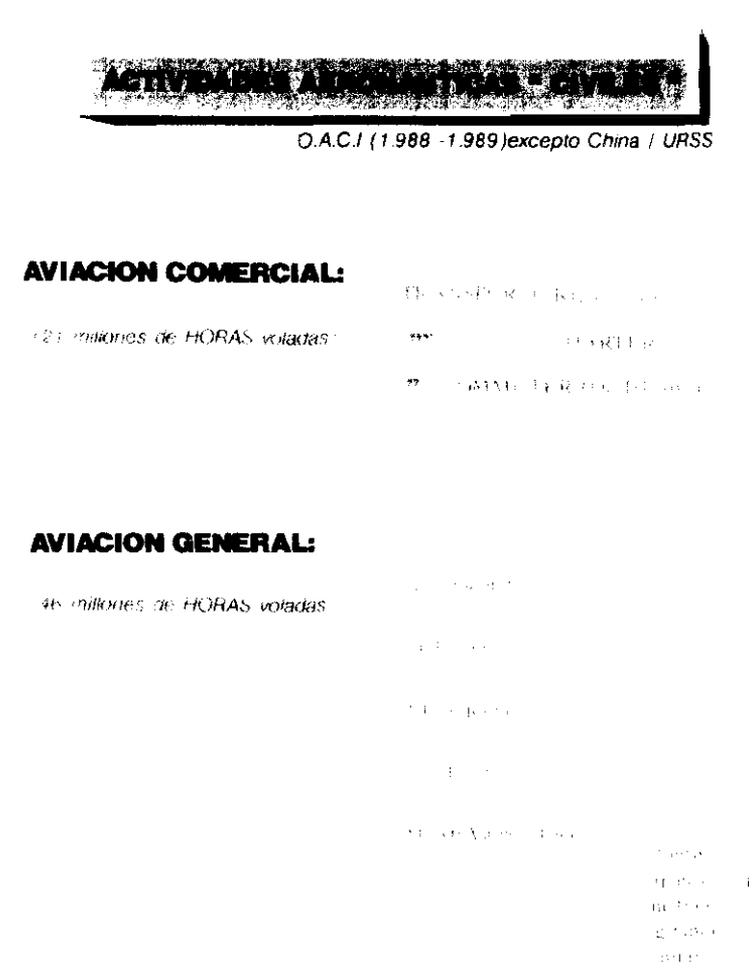


Fig.11

/O.A.C.I.) y otra, rama militar, a través de sus respectivos Ministerios de Defensa, para atender su seguridad internacional.

3.1.2.1 Aeronáutica Civil.-

La aeronáutica civil en actualizada estimación, representó en el ejercicio 1.988-1.989, un volumen de 67 millones de horas voladas, y 1.100 millones de personas transportadas (O.A.C.I.) (Figs 11 y 12).

Dos modalidades diferencian, los datos anteriores. Una es la Aviación Comercial ó de TRANSPORTE, con 21 millones de horas voladas. Y otra la llamada, Aviación General, con 46 millones en el mismo tiempo, (con una destacada realidad, que duplica en exceso a la actividad de la primera).

Por ello, y en aras de la mejor interpretación profana u

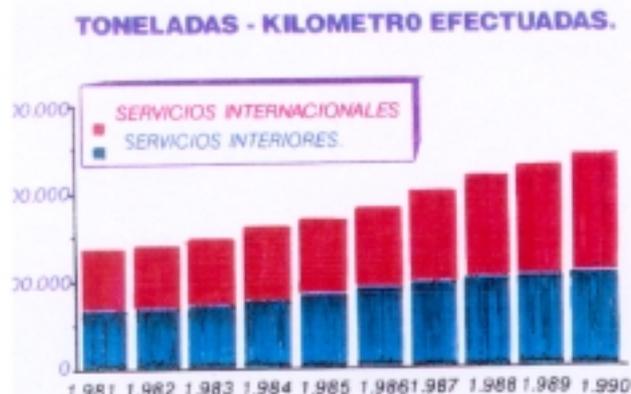


Fig.12

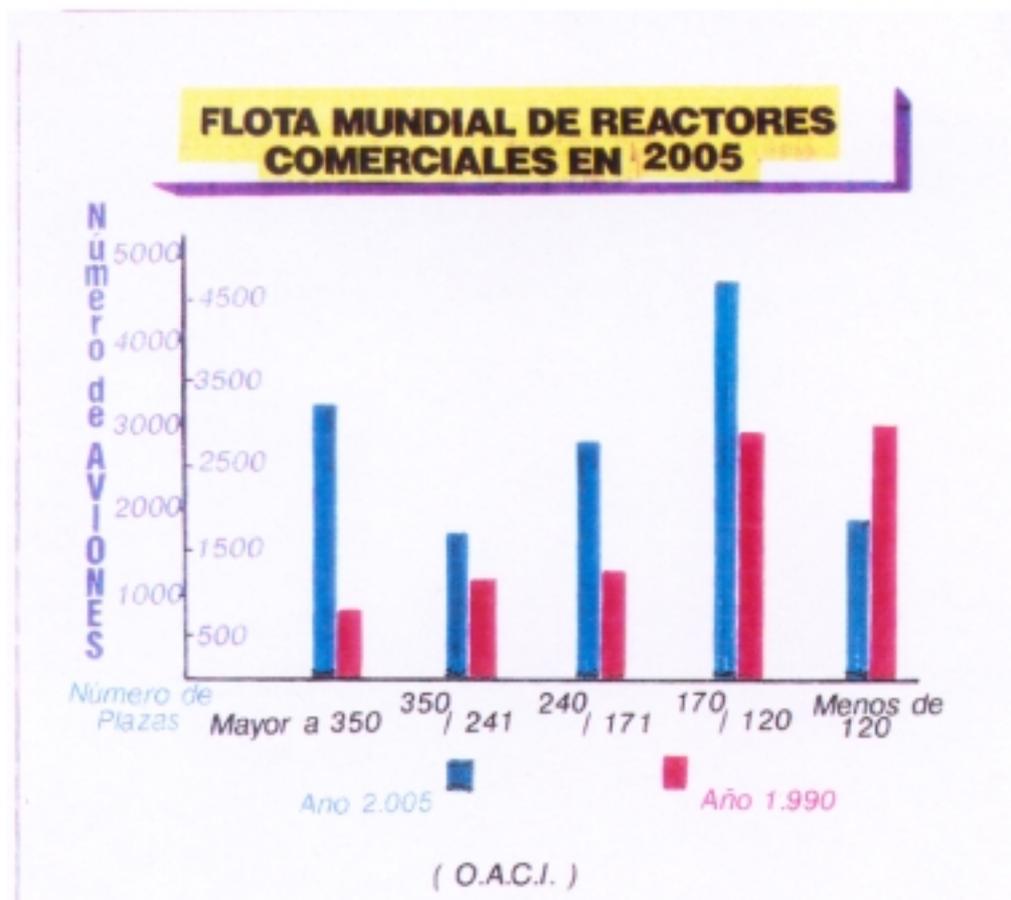


Fig. 13

especializada, con un sentido muy figurado y comparativo, es obligado el que realicemos, como en epidemiología, el análisis de la población de "riesgo aeronáutico", de su morbilidad, y posible mortalidad. Facilitando así, el conocimiento de la ocasional patología O.R.L. incidente.

La A.C. ó de TRANSPORTE, desarrolla varias modalidades, que de más conocidas a menos, son: de tipo regular (líneas nacionales e internacionales), de tipo no regular ó charter (en iguales modalidades), de tipo a la demanda (de III nivel ó commuter).

La evolución del transporte mundial, en su modalidad nacional e internacional, durante la década de 1.981 a 1.990, se nos muestra en la Fig. 12. Destacandose el incremento habido en el transporte de pasajeros, con un nivel del ± 4 % anual, y en las tripulaciones implicadas en el traslado de mercancías, con un índice próximo al 10 %.

En 1.990 se estimaba en números globales una flota mundial de aeronaves próxima a las 12.000 con unos 120.000 pilotos, y un volumen de pasajeros transportado de 1.200 millones.

En orden a las estimaciones hasta el año 2.005, dentro de lo prudente, se sitúan la cotas de aeronaves de transporte en un incremento de las de mayor número de plazas

NUMERO DE AERONAVES EN "AVIACION GENERAL"

O.A.C.I. Excepto China / URSS

Clasificación

ALA FIJA: 1.987 1.988

TURBORREACTORES:

Cuatrimotores 393 343

Trimotores 276 330

Bimotores 4.947 4.958

Monomotores 233 228

TURBOHELICES:

Cuatrimotores 131 131

Bimotores 6.523 6.544

Monomotores 700 720

CONVENCIONALES (Embolo):

Cuatrimotores 344 355

Trimotores 42 48

Bimotores 34.173 33.615

Monomotores 276.361 275.501

TOTAL 324.123 322.773

ALA ROTATORIA (HELICOPTERO)

TURBINA :

Bimotores 1.823 1.934

Monomotores 4.350 4.370

M.PISTON :

Bimotores 85 85

Monomotores 7.389 7.403

TOTAL 13.647 13.792

NUMERO PILOTOS PRIVADOS:

562.000

NUMERO DE HORAS VOLADAS "AVIACION GENERAL"

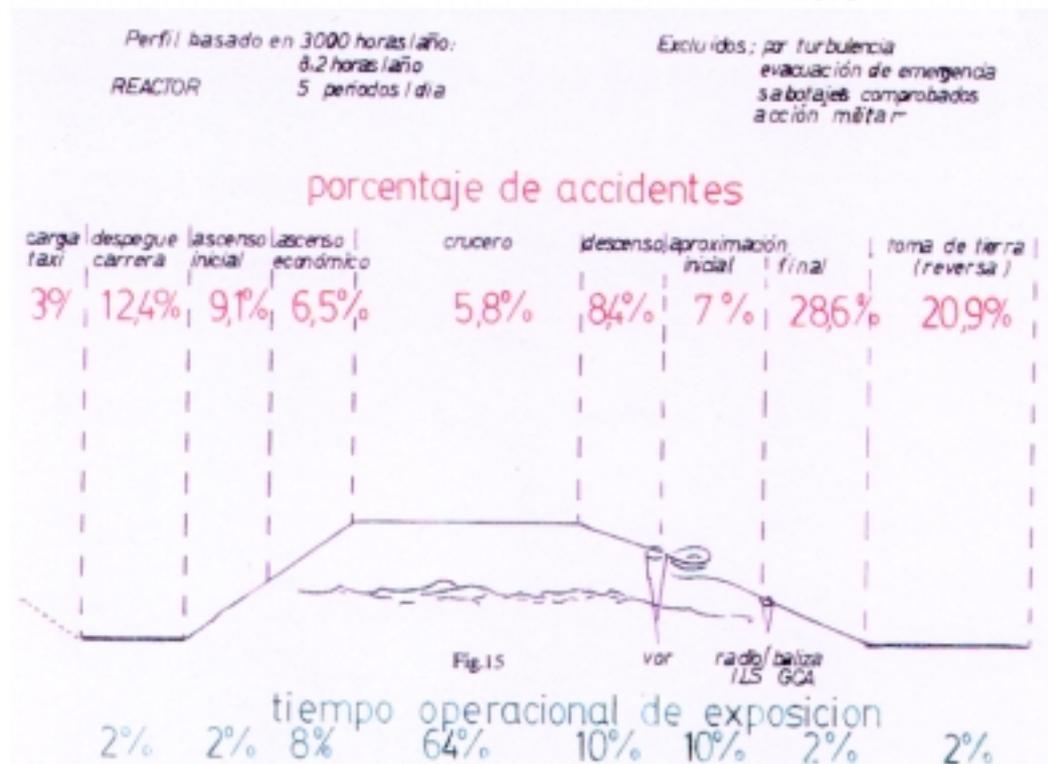
Tipo de actividad de Vuelo.	Millones de Horas.	
	1.988	1.989
Vuelos de Instrucción	9	9'5
Vuelos de Negocios / Recreo	26'9	26'5
Trabajos Aéreos y otros vuelos.	9'6	10
TOTAL	45'5	46

Fig.14

(superiores a 350 plazas de oferta), y las de tipo intermedio (de 170/120 plazas), con notable reducción de las de menor tamaño. (Fig. 13). Estimándose un promedio del 5 por %, de incremento de transporte de pasajeros.

La otra rama de la A.C., la denominada AVIACION GENERAL, desarrolla, un amplio campo de actividades, desde las de enseñanza, negocios, trabajos aéreos, hasta las de privada y deportiva. (Fig. 11). Dentro de los 46 millones de horas voladas en 1.989, las de negocios/recreo fueron 26'5, las de trabajos aéreos 10 , y las de enseñanza/instrucción 9'5. (Fig. 14)

Pero lo que nos muestra su relevancia, es en el elevado número de profesionales del vuelo, que la desarrollan. Sólo el de licencias mundiales de pilotos privados ascendía en



1.988 a la cifra de 562.000; en tanto que, el número de aeronaves de ala fija se situaba en 322.773, y el de ala rotatoria (helicópteros) en 13.792 (Fig. 14).

Para la mejor comprensión de los incidentes incapacitantes que pueden experimentar, tanto tripulantes como pasajeros, es obligado hacer una exposición de la dinámica del perfil de los accidente de vuelo, (Fig. 15)

Facilmente podemos objetivar, en las diferentes etapas del vuelo en la misión de transporte de un reactor, que su mayor índice, corresponde, a la aproximación final 28'6% , y toma de tierra 20'9 %. Este 49'5 %, de la fase final de un vuelo, confirma el hecho de que casi, el 62 por % de los accidentes tienen lugar en las inmediaciones de los aeropuertos.

En contraposición el "tiempo operacional de exposición" en su mayor valor, corresponde en la fase de crucero, (meseta del perfil), al 64 por %, que junto con el descenso promedian un 20 por % más.

Para poder hablar de supervivientes, desafortunadamente tenemos que hablar previamente de víctimas. Sólo con carácter de mínima información es obligada la valoración de los datos recogidos de la OACI, en el periodo 1969 - 1.988, (Fig. 16).

En la que en tres parámetros: pasajeros fallecidos en TRANSPORTE LINEAS REGULARES; decesos por cada 100 millones pasajeros-kilómetros transportados, y accidentes mortales por cada 100 000 aterrizajes. Se puede constatar la enorme reducción experimentada, en contraposición del mayor incremento de pasajeros transportados (Fig. 12)

MORTALIDAD DE PASAJEROS EN ACCIDENTES AEREOS MUNDIALES 1969 - 1988

(OACI excepto ex-URSS)

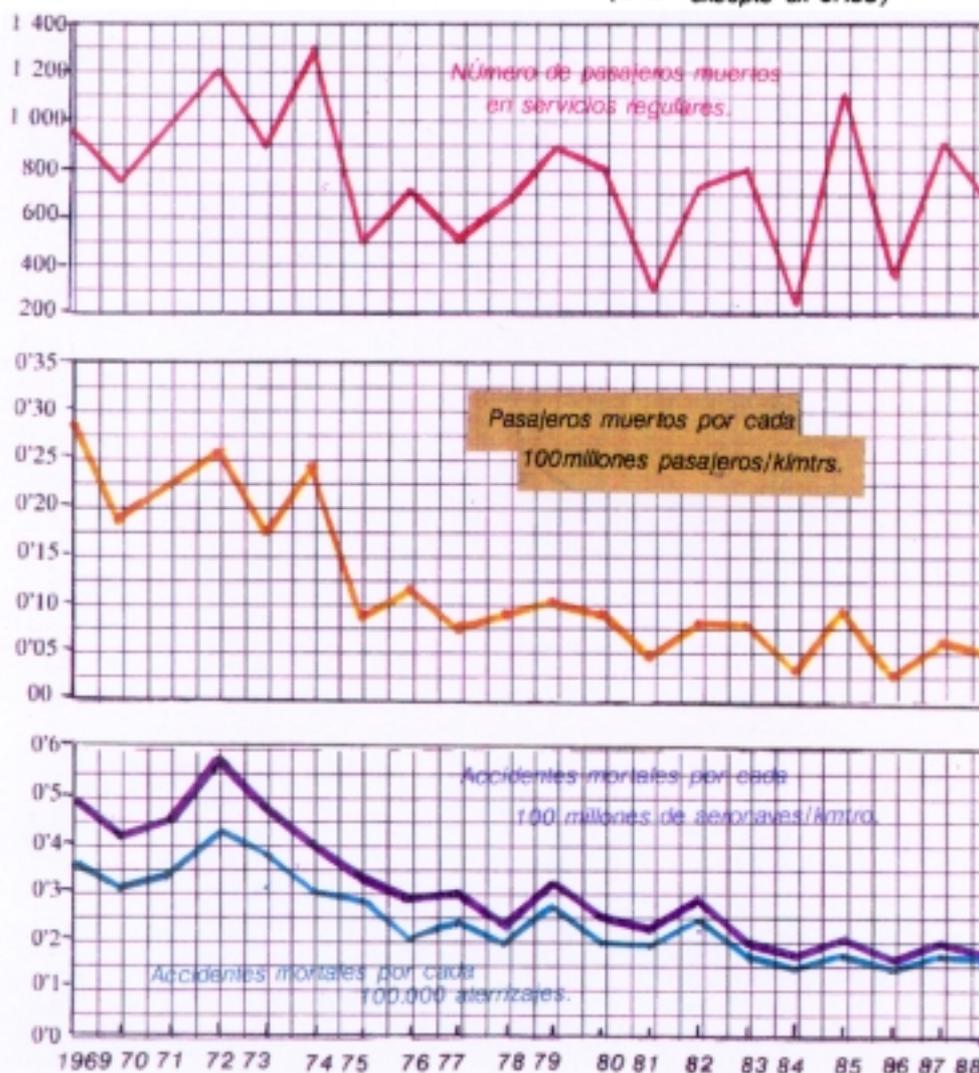


Fig.16

Como complemento a lo precedente, la Fig. 17, nos muestra en un período de 8 años, las aeronaves de compañías regulares, accidentadas, según fuera el tipo de motor propulsor. Convencional, turbohélice ó reactor.

Se patentiza la declinación del primer sistema en favor del reactor. En la siniestralidad, reactor y turbohélice andan un tanto próximos. En tanto que, en supervivencia de pasajeros, los datos del reactor alcanzan el 84'2 por%.

Dentro del transporte no regular, charter ó de tercer nivel, los datos en los años 1.982 y 1.983, demuestran una mayor accidentabilidad y mortalidad, en los domésticos ó commuter (Fig. 19).

Las cifras de accidentes mortales expresadas en índices

por 100.000 horas voladas, años 1982 / 83, están recogidas en las figuras 18 y 19. Desde el 0'13 % de la Aviación de Transporte Regular, al 2'3% de la Aviación General, hay un significativo índice aún cuando ésta última vuela el doble de horas.

Dicha aviación general, tan desconocida en algunas latitudes, (Fig. 18) presenta su mayor mortalidad, en pilotos privados, en agroforestales, en instructores y alumnos de vuelo, y en los que van desde el paracaidismo, pasando por veleros, ala delta y ULM, a las modalidades más livianas del vuelo, como el parapente.

De gran interes, para situar con los datos estadísticos precitados, en la ponderación al lector, la Fig. 20, nos muestra de las actividades deportivas recogidas en la mutualidad general, de los deportistas censados en 1.960 y los comprendidos entre 1.976 a 1.980. El número de accidentes sufridos, con los fallecidos habidos, se nos muestran por federaciones deportivas. Su elocuencia, resta todo comentario.

Consideremos seguidamente uno de los más trascendentes hechos en vuelo, el de la incapacidad por colapso definitivo ó muerte. Según mostramos en la Fig. 21, entre 1.960 y 1968, cinco accidentes con 148 víctimas se dieron, en 4 pilotos y un copiloto, y en 4 ocasiones durante la fase tan referida de aproximación/aterrizaje.

Clasificación	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	Total de los 8 años
Accidentes que han ocasionado muertes									
De turborreacción	6	11	13'	2	7	8	10	11	68
De turbohélice	10	10	7	9'	10	9	12	12	79
De motor de émbolo	5	5	-	5	5	5	4	4	33
Total	21	26	20	16	22	22	26	27	180
Pasajeros muertos									
De turborreacción	194	507	762	47	861	405	633	462	3 871
De turbohélice	152	192	47	159	179	105	249	268	1 351
De motor de émbolo	16	65	-	17	26	36	19	5	184
Total	362	764	809	223	1 066	546	901	735	5 406
Pasajeros sobrevivientes									
De turborreacción	30	1 094	346	109	93	177	116	440	2 405
De turbohélice	71	66	47	39	24	90	15	26	378
De motor de émbolo	13	-	-	4	5	16	3	24	65
Total	114	1 160	393	152	122	283	134	490	2 848

Fig. 17

INDICE DE ACCIDENTES MORTALES POR 100.000 horas voladas año 1983

TRANSPORTE AEREO REGULAR	0,13 %
AVIACION GENERAL	2,3 %
NO PROFESIONALES COMERCIALES (Pilotos privados)	1,95 %
AVIACION AGRICOLA	0,46 %
AEROCUBOS Y ESQUELAS PILOTAJE	0,35 %
VUELO SIN MOTOR	0,01 %
ATA DELTA PARACAIDISMO ULIGEROS	0,8 %

Fig.18

Los incidentes, sólo fueron 12, en 9 pilotos y con una edad promedio de 46 años, inferior a los accidentados; siendo en 5 ocasiones, durante la fase de rodaje de la aeronave.

Como complemento a lo anterior KULAK & COLABS *, realizaron un estudio evaluador del riesgo por edad del piloto y, posibilidad de incapacitación (Fig. 22); siendo en la edad de 46 años de 1 / 9.500 pilotos.

JAMES & GREEN * sobre 4.345 cuestionarios realizados a pilotos comerciales y de transporte, obtuvieron los significativos resultados, de incidencia de la incapacidad sobre la fase del vuelo, duración de la misma, y los síntomas más frecuentes. (Figs. 23 y 24).

AVIACION COMERCIAL NO REGULAR

AREONAVES DE MENOS 9000 kgrs			MAYORES 9000 kgrs	
NºAccidentes	Muertos	Año	Muertos	NºAccidentes
30	170	1982	49	2
27	107	1983	2	2

AVIACION GENERAL

	Número de accidentes	víctimas	% por cada 100.000 horas voladas
MUNDIAL 1982	1100	2200	2,3
U S A 1982	578	1161	1,8
U S A 1983	548	1049	1,7

Fig.19

MUTUALIDAD GENERAL DEPORTES

AÑO 196 37.350 deportistas 1.654 accidentados 9 fallecidos
 1976 a 1980 2.794.000 , , , , , 133.500 , , , 324 , , , , ,

FALLECIDOS EN ACTIVIDADES DEPORTIVAS 1976/1980

Federación	Nº Orden por licencias	PRACTICANTES lesionados	FALLECIDOS	Índice %
MONTAÑISMO	18	4 057	137	1'37
DEPORTES AEREOS*	29	225	42	0'42
A. SUBACUÁTICAS	28	241	39	0'39
CICLISMO	9	2 984	26	0'26
PESCA	27	249	15	0'15
MOTORISMO	10	2 746	8	0'3
OTRAS	37	123.002	57	
TOTAL	43	133.500	324	

★Incluso engloba: ULM, Ala Delta

Fig.20

Para nosotros en éste trabajo realizado con la IFALPA # en base a dos encuestas realizadas en 1.967 y 1.988, destaca que durante la fase de crucero y ascenso, es cuando mayor inicio de incapacidad se registra, en tanto que la modalidad incapacitante final es de índices elevados en crucero final y aproximación/aterrizaje.

Las incapacidades residuales al vuelo son mayoritarias en las sentidas durante el descenso, en ruta, y ya en rodaje final.

INCAPACIDAD EN VUELO POR COLAPSO DEFINITIVO O MUERTE (1960-1968)

Número de Casos con Accidente	EDAD - media	TRIPULANTE PILOTO/COPILOTE	FASE DEL VUELO				Aprox. FALLECIDOS	Desglose	
			Rodaje	Despegue	Crucero	Aterrizaje		Accidente	víctimas
							1	2	
							1	6	
5	46	4	1		1	4	148	1	83
								1	56
								1	1
<hr/>									
Nº/Casos INCIDENTES:									
12	44	5	3	5	1	2	4		
<hr/>									
TOTAL 17	45	13	4	5	1	2	8	148	

Fig.21

de KULAK & COLBS.*

Edad del Grupo	Incidencia Anual
30 a 34	1/58.000 pilotos.
35 a 39	1/36.000 pilotos.
40 a 44	1/16.000 pilotos.
45 a 49	1/ 9.500 pilotos.
50 a 54	1/ 5.500 pilotos.
55 a 60	1/ 3.500 pilotos.

Fig. 22

Del máximo interes es la estimación, del llamado "tiempo de incapacitación", de diferenciadísima condición en cabinas donde el número de tripulantes es de tres (47 por %), al de dos (45 por %), ó del infrecuente único tripulante (2 por %), y desconocidas en un 6 por %.

Con índices del 67 por % para incapacitaciones inferiores a 2 horas, del 22 por % para menores a 5 minutos, y alcanzar el 10 por % durante menos de tres días su repercusión.

Desde la vertiente O.R.L., nos interesa el listado de síntomas incapacitantes por su incidencia. Representando el 17'9 por %, es decir 391 de los 2.190 informes aportados.

El bloqueo de oído, mareo con giro, desorientación, sinusopatía y epístaxis, son los más referidos. Lo cual desde la misión de atención al tripulante nos es de primordial apreciación, y en particular grado, en su profilaxis ó prevención, razón como más adelante veremos, de estimar en reconocientos periódicos, la no aptitud circunstancial, en el profesional.

Seguidamente, nuestra atención se fija en la población transportada, el pasajero. Así, sobre 287 lesiones reseñadas en aeronaves de gran capacidad. Las posibles contusiones en áreas faciales (nasales, orales, del oído), como las quemaduras en las referidas áreas, son de un interés no ocasional (Fig. 25)

Sí de interés son las lesiones abordó, más lo son las causas de enfermedad que en pasajeros se registran (Fig. 26). Donde sobre 342 procesos encuestados, la aerocinetosis, con los de garganta, nariz y oídos, alcanzan el 14'9 por % de promedio.

Del Dr. P. RODRIGUEZ * aportamos sobre 16.069.836 pasajeros transportados durante el año 1.989 por Air France, la reseña de 1.440 incidentes médicos a bordo de sus aviones, atendidos sin la ayuda de un médico pasajero, con un prome-

INCIDENCIA DE LA INCAPACITACION SOBRE LA FASE DEL VUELO.

(JAMES & GREEN) *

Fase del Vuelo	INCICIO		FINAL		RESIDUAL al VUELO	
	núm	%	núm	%	núm	%
EN RUTA	513	42'1	283	23'5	553	44'6
ASCENDIENDO	225	18'4	42	3'9	323	26'0
DESCENDIENDO	202	17'3	122	10'5	633	51'4
APROXIMACION / ATERRIZAJE	64	6'2	142	12'6	555	45'0
RODAJE/EN RAMPA	10	0'9	72	6'0	493	39'9
EMBARQUE /RODAJE	142	11'4	30	2'4	112	9'0
DESPEGUE	36	3'1	8	0'6	140	11'3

TIEMPO INCAPACITACION EN VUELO:

67 % < 2 HORAS

22 % < 5 Minutos

10 % < 3 DIAS

Fig.21

CLASIFICACION Y LISTADO DE SINTOMAS "INCAPACITANTES EN VUELO"

James, M. & Green R. ASMA, Nov. 1. 991. Sobre 4.345 Questionarios. (FALPA)

Puesto	Condición	Incidentes Reseñados	
		Número	%
1.	Cuadro Intestinal Incontrolado	334	15'2
2.	Náusea ó Deseo vomitar	327	14'9
3.	Vomitando	317	14'4
4.	Indigestión Severa/Calambre de Estómago	306	13'9
5.	Dolor de Oído: "Oído Bloqueado"	180	8'5
6.	Mareo con afectación general	124	5'6
7.	Jaqueca, incluida Migraña	109	4'9
8.	Vértigo, Desorientación	63	2'9
9.	DOLOR de Espalda, inguinal, renal	60	2'7
9.	Problemas Sinusales	60	2'7
10.	Mareo con giro, Diplopia	41	1'9
10.	Epistaxis	41	1'9
12.	Odontalgia	36	1'6
13.	Lesión Ocular	16	0'73
14.	Dolor torácico	15	0'68
14.	Ataque de Tos	15	0'68
14.	Ataque Estornudos	15	0'68
18.	Calambres Pie ó Pierna	9	0'41

Fig.24

dio de 4 urgencias por día, teniendo lugar el 83 por % de ellas en la fase de vuelo normal de crucero.

El número de fallecidos a bordo fué de 9, lo que representa 1'7 de urgencia no resuelta por millón de pasajeros transportado.

La mitad de los procesos benignos han estado acompañados de pérdida de conciencia.

Las manifestaciones sincopales vagas y las de tetania por hiperventilación han sido procuradas por ansiedad, abuso de alcohol, y alimentos.

Como hecho significativo, en dos ocasiones la turbulencia atmosférica procuró un elevado número de pasajeros con contusiones múltiples.

De gran interés, es la figura 27. En ella la O.R.L., representa el 6 por %, de incluir las crisis por edema de Quincke. De todos modos 3 prótesis dentales con problemas sofocantes, y 12 dientes fracturados, la complementan.

INCIDENCIA DE PROCESOS BENIGNOS ATENDIDOS EN VUELO.

(AIR FRANCE : Año 1.989)

HUESOS/ ARTICULACIONES	...14 %
CARDIOVASCULAR	...9 %
DIGESTIVO con 2 hemorragias	...9 %
DEVERSOS con 25 comas y 19 pasajeros ebrios	...9 %
NEUROSIQUIATRIA con 43 epilepsias.	...6 %
RESPIRATORIO con 35 crisis asmáticas.	...6 %
Q. R. L.	...4 %
ALERGIA. con 6 edemas de Quincke.	...2 %
INFECCIOSO	...2 %
OBSTETRICIA/GINECOLOGIA con 2 partos y 14 hemorragias.	...2 %
UROLOGICOS con 14 cólicos nefríticos.	...2 %

*P.Rodriguez Chef du service medical passagers.Med.Aeronau.et Spatiale.XXX.n/120-1.991

Fig.27

34.

Esta integrado por personal volante: pilotos; tripulantes a bordo (mecánicos, radios, radaristas, fotógrafos, observadores, operadores de armas, etc).

Por personal de apoyo al vuelo, bien en la línea de vuelo ó en su directa acción, como armeros, mecánicos de mantenimiento, hasta controladores de GCA, de torre de vuelos, radaristas de los centros de vigilancia aérea, etc.

ACTIVIDADES AERONAUTICAS " MILITARES "

ENSEÑANZA : Elemental.Básica.Avanzada.

INSTRUCCIÓN : Piloto Combate.Piloto Transporte.

Busqueda y Salvamento (SAR)

EN TIEMPO DE PAZ :

Patrulla Zona Económica Marítima.

Ayuda en Catastrofes.

Paracaidismo.

DEFENSA DEL TERRITORIO NACIONAL.

Intercepción.

OPERACIONES OFENSIVAS DE
NEUTRALIZACION.

EN GUERRA :

APOYO EN SUPERFICIE.

RECONOCIMIENTO AEREO.

REABASTECIMIENTO AEREO.

ANTISUBMARINAS.

HALO.

Fig.28

INCIDENCIA DE PROCESOS ENFERMOS ATENDIDOS EN VUELO.

(AIR FRANCE : Año 1.989)

34.

ARDOR/MENSTRUACION		
DIGESTIVO	con 1 hemorragia	
DIVULSION	con 10 pasajeros heridos	
NEUROSIQUIATRIA	con 43 epilepsias	...6 %
RESPIRATORIO	con 35 crisis asmáticas	...6 %
O. R. I.		4 %
ALERGIA	con 6 edemas de Quincke	...2 %
INFECCIOSO		...2 %
OBSTETRICIA/GINECOLOGIA	con 2 partos y 14 hemorragias.	...2 %
UROLOGICOS	con 14 cólicos nefríticos.	...2 %

*P.Rodriguez Chef du service medical passagers.Med.Aeronau.et Spatiale.XXX.n/120-1.991

Fig.27

Esta integrado por personal volante: pilotos; tripulantes a bordo (mecánicos, radios, radaristas, fotógrafos, observadores, operadores de armas, etc).

Por personal de apoyo al vuelo, bien en la línea de vuelo ó en su directa acción, como armeros, mecánicos de mantenimiento, hasta controladores de GCA, de torre de vuelos, radaristas de los centros de vigilancia aérea, etc.

ACTIVIDADES AERONAUTICAS " MILITARES "

ENSEÑANZA : Elemental.Básica.Avanzada.

INSTRUCCION : Piloto Combate.Piloto Transporte.

EN TIEMPO DE PAZ :
Busqueda y Salvamento (SAR)
Patrulla Zona Económica Marítima.
Ayuda en Catastrofes
Paracaidismo

DEFENSA DEL TERRITORIO NACIONAL

Intercepción

OPERACIONES OFENSIVAS DE
NEUTRALIZACION

EN GUERRA :
APOYO EN SUPERFICIE
RECONOCIMIENTO AEREO
REABASTECIMIENTO AEREO
ANTISUBMARINAS
HALO

Fig.28



Fig. 28 B

	1983	1984	1985
Numero total de horas de vuelo	125.820	128.348	119.097
Pasajeros transportados	110.000	91.000	76.833
Lanzamientos en paracaídas	32.000	78.000	65.000
Toneladas de carga transportadas	6.000	7.000	5.800
Acciones de salvamento	360	1.043	361
Evacuaciones sanitarias	200	688	573
Horas de vuelo en extinción de incendios	2.300	893	2.744
Horas de vuelo apoyo en Guinea	1.250	1.200	1.000

Fig. 29

Por ello, cuando más adelante hablemos de las exigencias y aptitudes de dicho personal, podremos advertir, la enorme trascendencia que conlleva su optimización psicofísica, en aras de su eficiencia y seguridad de vuelo.

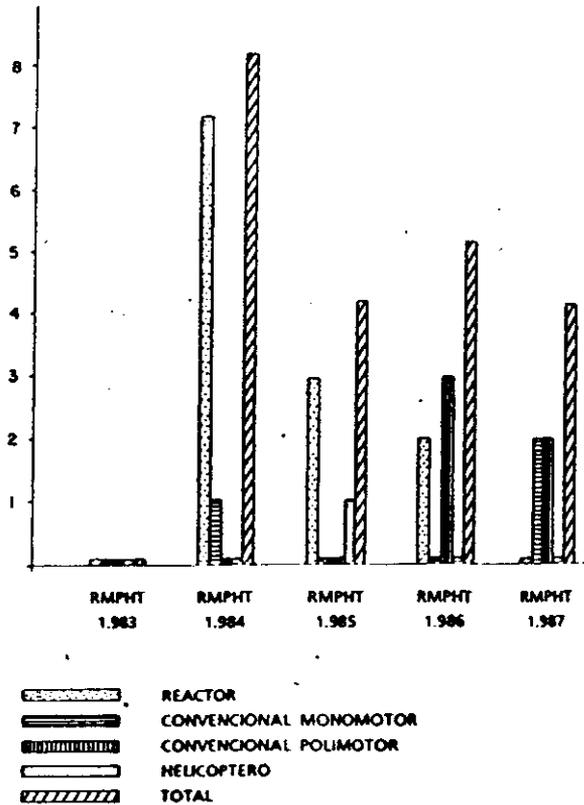
Del mismo modo que en la aviación civil expusimos, horas voladas, modalidades de misión índices de accidentes, y de pilotos fallecidos en ellos. Hacemos lo mismo con el Ejército del Aire Español, y con la USAF como contrapunto.

La figura 29, obtenida de la Memoria de la Legislatura (1.982/1986) del Ministerio de Defensa, pormenoriza, desde las horas voladas, pasajeros y carga transportados, así como acciones menos conocidas, de elevado interés humano, como las de salvamento, evacuación sanitaria, extinción de incendios, a la de apoyo a Guinea.

Algunas misiones como las de lucha contra el fuego, y de salvamento han variado de índice, siendo la de mayor incremento, la del lanzamiento de paracaidistas, duplicada al final de dicho trienio.

PILOTOS FALLECIDOS 1.983 - 1.987

Fig.30



NUMERO DE ACCIDENTES GRAVES POR 10.000 HORAS DE VUELO (MIRA TORREGROSA) *

Tipo de aeronave	AÑOS					TOTAL
	1.982	1.983	1.984	1.985	1.986	
HELICOPTERO.	3'6	0'8	1'3	2'2	1'4	9'3
TRANSPORTE Y POLIMOTORES.	0'5	0'6	0'7	0	0'7	2'5
CONVENCIONALES MONOMOTORES.	2'5	1'4	2'1	2'6	3'3	11'9
REACTORES	3'0	1'7	1'2	1'2	0'8	7'9
INDICES ANUALES Por 10.000 horas	9'6	4'5	5'5	6'0	6'2	31'6

Fig.31

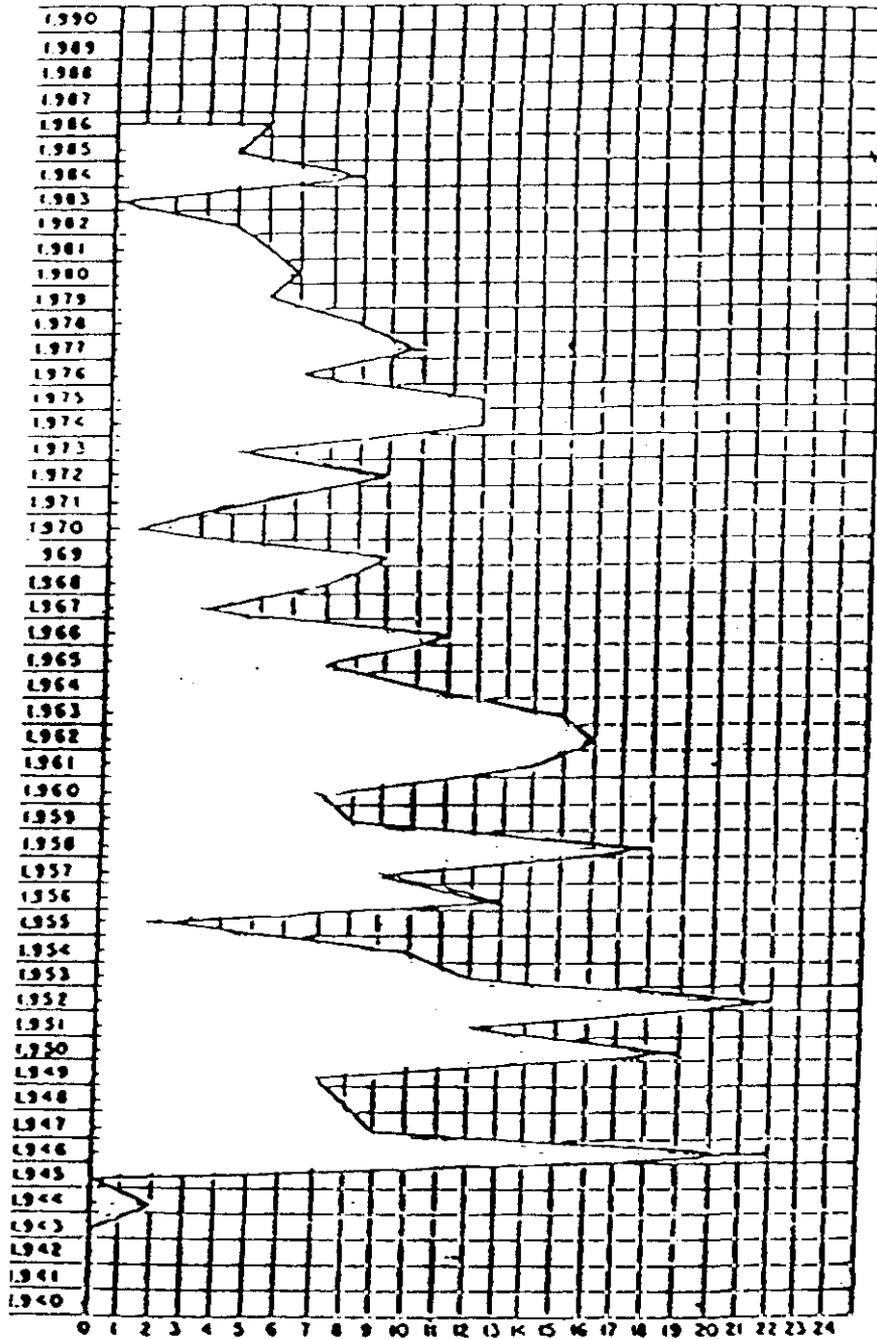


Fig. 32

En las misiones SAR , de búsqueda y rescate, tan valoradas en algunas áreas costeras , mostraron un incremento en todos los índices en el año 1.984. (Fig. 33).

Como contraposición a lo anterior, el número de accidentes fué incrementándose, en los tres años antedichos, en el 4'5, 5'5, y 6 por 10.000 horas voladas, siendo afortunadamente inferiores del 9'6 del año 1.982 (Fig.31).

Por tipo de aeronave los índices de mayor accidentabilidad fueron en convencionales monomotores, y en segundo puesto; reactores y helicópteros fueron alternantes, según MIRA *.

Este mismo autor obtuvo, como las gráficas de la Fig. 30, muestran , las tasas de mortalidad de pilotos, según el tipo de aeronave accidentada.

Siendo en el año de 1.984 particularmente elevadas; con claro predominio en los 4 años encuestados por él, en los pilotos de reactores, seguidos de

ACTIVIDADES DEL SAR. AÑOS 1983, 1984 Y 1985

Año	Horas totales de vuelo	Personas buscadas	Personas evacuadas y rescatadas	Personas transportadas
1983	6.673	191	559	439
1984	8.734	180	615	1.272
1985	6.650	185	360	572

Fig. 33

RELACION DE ACCIDENTES HABIDOS DURANTE OCHO AÑOS
EN 17.952 PILOTOS #

Número de Accidentes	Número de Pilotos	N° de Accidentes Habidos por Pilot
CERO	12.475	0
UNO ...	4.117	4.117
DOS ...	1.016	2.032
TRES ...	269	807
CUATRO ...	53	212
CINCO ...	14	70
SEIS ...	6	36
SIETE ...	2	14
	17.952	7.288

Fig. 34

los convencionales monomotores. Los helicópteros sólo en el año 1.985 sufrieron atrición, dentro de los 21 pilotos fallecidos entre 1.984 - 1.987

La gráfica de la fig. 32 del referido autor, aporta el coste en vidas de pilotos sufrido por dicho Ejército, desde el año 1.943 al 1.986, con amplias deflexiones concidentes con variados factores causales. Siendo su progresiva declinación fruto de los meritorios esfuerzos realizados por la seguridad de vuelo, y del soporte médico aeronáutico, en la selección y mantenimiento de las tripulaciones.

Como elemento de contrapunto a lo anterior, y en observaciones foráneas, en base a datos publicados por el AFISC# de la base de Norton (USA), exponemos los accidentes habidos en

FACTORES INCIDENTALES FISIOLÓGICOS EN LA USAF 1.973 - 77

TOTAL DE INCIDENTES FISIOLÓGICOS = 664		
FACTOR		PORCENTAJE INVOLUCRADO
DESCOMPRESION		18'76
HIPERVENTILACION		17'87
HIPOXIA		14'86
EFFECTOS CAMBIOS DE PRESION Y EDC...		6'25
APRENSION		5'82
HUMO, VAPORES		5'60
ENFERMEDAD PRE/EXISTENTE ó DEFECTO.		3'69
ENFERMEDAD AGUDA		3'50
FUERZAS DE ACELERACIONES (EN VUELO)		2'99
INCONSCIENCIA		2'97
FATIGA		2'20
FACTORES PSICOLÓGICOS.....		1'96
DESORIENTACION		1'56

Fig.35

ocho años, en una población aérea de 17.952 pilotos. De estos, sólo el 30'5 por ‰, es decir 5.477 sufrieron accidentes, siendo el índice de reiteración, en ellos desde dos a siete episodios, totalizando un total de 7.288 eventos. (Fig. 34).

Más adelante, al tratar la desorientación en vuelo completaremos, dichas estadísticas. Teniendo presente que fué el año 1.984, el de mayor índice de accidentes de la USAF sobre 2 millones de horas voladas.

Para nosotros tiene un valor significativo, la estimación de los factores incidentales fisiológicos que, en número de 664 fueron vistos desde 1973 a 1.977.(Fig. 35)

Como en el perfil de un accidente de un F4E (Phantom) vemos, la posible coincidencia de la fatiga 2'20 por ‰, la inexperiencia produciendo aprensión 5'82 por ‰, la canalización de la atención por factores psicológicos 1'96 por ‰, más el carácter de la misión de vuelo a bajo nivel con hiperventilación refleja (17'8 por ‰), por infamiliarización con el terreno montañoso sobrevolado.

Así, como las fuerzas de aceleración (2'99 ‰) subsiguiente a las variaciones de potencia aplicadas por el piloto, pueden conducir a éste a una posible desorientación en vuelo (1'56 por ‰). (Fig. 36). Todo ello, está contemplado en las líneas de la capacidad necesaria para competir con las demandas ambientales que, en la gráfica expuesta pueden llegar a la conexión crítica.

De sus 44 años, la USAF, en 1.991, sobre 3'69 millones de horas voladas, excluyendo las de combate de la Guerra del Golfo, alcanzó un nivel de 1'11 accidentes por 100.000 horas voladas, cuando dicho promedio en los últimos 10 años fué del

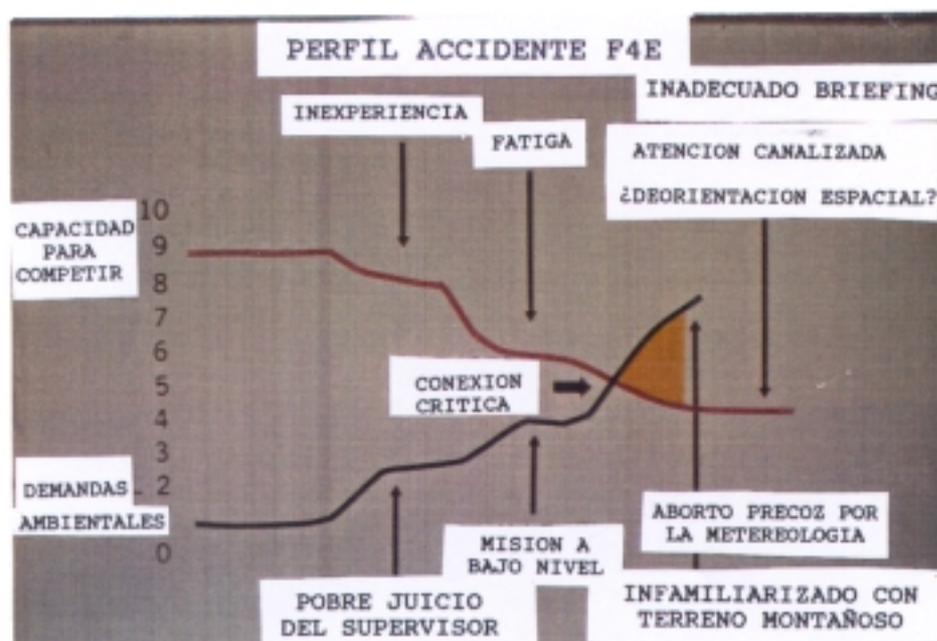


Fig.36

1'49, con fallecimiento de 18 pilotos, cuando el promedio en los referidos últimos 10 años fué de 64. Al tiempo que, los aviones destruidos fueron 38, frente a la media decenal de 54. Por ello, en sus 44 años ha sido el mejor record obtenido, de su seguridad de vuelo.

3.1.3 LA MAQUINA:

Al ser el elemento soporte, posibilita la práctica del vuelo aerodinámico. Del binomio hombre / máquina, éste siempre había sido superior a aquella, pero desde hace unos años, las elevadas características exigidas por estas, le limitan Fig37.

El desarrollo tecnológico de cada tiempo ha condicionado, su sustentación, propulsión, control, etc. Siendo las vibraciones, las emisiones sonoras, y perturbaciones sensoriales, las que al afectar al hombre, sean de nuestro interés O.R.L.

En la fecha, su dualidad, ala fija, (avión), ó rotatoria, (helicóptero). De despegue y aterrizaje vertical (V/STOL)



Fig.37

Mono ó multiplaza. Terrestre, naval ó anfibia. Sus múltiples misiones operacionales, la catalogan.

3.1.3.1 Sustentación:

La sustentación es la fuerza que posibilita despegue una aeronave y se mantenga elevada.

La modalidad, inicialmente utilizada por los hermanos MONTGOLFIER fué, en base al principio de Arquímedes, de ser más ligeras que el aire.

Cuando las aeronaves son más pesadas precisan de la sustentación aerodinámica para lograrlo, siendo la superficie alar, la que por su forma, determina que el flujo del aire por su cara superior ó extradós, sea de presión negativa por efecto Ber-



Fig.38



Fig.39

noulli, depresión (succión) en tanto que en la inferior (intrados), por la lentificación del flujo del aire, la presión se hace mayor (empuje por sobrepresión).

No es de éste tema definir las distintas formas alares adoptadas (desde la rectangular, elíptica, hasta las tipo delta, doble delta y gótica), ni de los perfiles alares (desde el Clark, Göttingen, a los NACA).

En todas ellas, cuando el centro de gravedad se desplaza de zonas límite, generanse vibraciones intensas, llamadas estoleo, trepidación ó bataneó, anunciadoras de la entrada en velocidad de pérdida. Procurada cuando las presiones diferenciales entre el extra e intrados son nulas.

La forma en flecha de las alas, bien sea negativa (hacia adelante) ó positiva (hacia atrás), tienen como objetivo, el que la compresión del aire desplazado sea más pequeña, que sin ella, y de darse, que lo sea a velocidades mayores. Todo ello, con un sólo objetivo, de que se pueda volar a velocidades subsónicas, sin necesidad de mayores empujes (consumo) de los motores.

El helicóptero, también denominado, aeronave de ala giratoria, en razón de que su sustentación, le es procurada por la disposición de un rotor principal único ó doble, de 2 a 6 palas de longitud variable, dispuesto en la parte superior del fuselaje, y que según, aumente ó disminuya el paso de dichas palas, mediante la palanca llamada "colectivo", regula su velocidad ascensional, y con el "ciclico", modifica más ó menos la inclinación del plano del referido rotor, posibilitando el desplazamiento ó avance.

Dispone de un rotor de cola, para evitar el efecto antipar. Algunos para soslayarlo, disponen de dos rotores principales, que giran en sentido opuesto. E incluso nuevas técnicas tipo, NOTAR, # que derivando gases de la turbina por la cola lo controlan.

En vuelo, si el coeficiente de avance se le lleva a valores elevados, puede reducirse la sustentación al tiempo que procurar una resistencia aerodinámica, produciéndose fuertes vibraciones, que pueden llevar a la entrada en pérdida del rotor. Es decir, a diferencia del ala fija que, la pérdida es por escasa velocidad, aquí sería determinada por excesiva velocidad horizontal.

El ruido del helicóptero ha sido un problema desde sus comienzos a finales de 1.940. Como en otros vehículos de combate, el exceso de aquel ha tenido una variedad de desagradables y azarasas consecuencias, incluyendose las interferencias en las comunicaciones, y permanentes ó temporales, pérdidas auditivas.

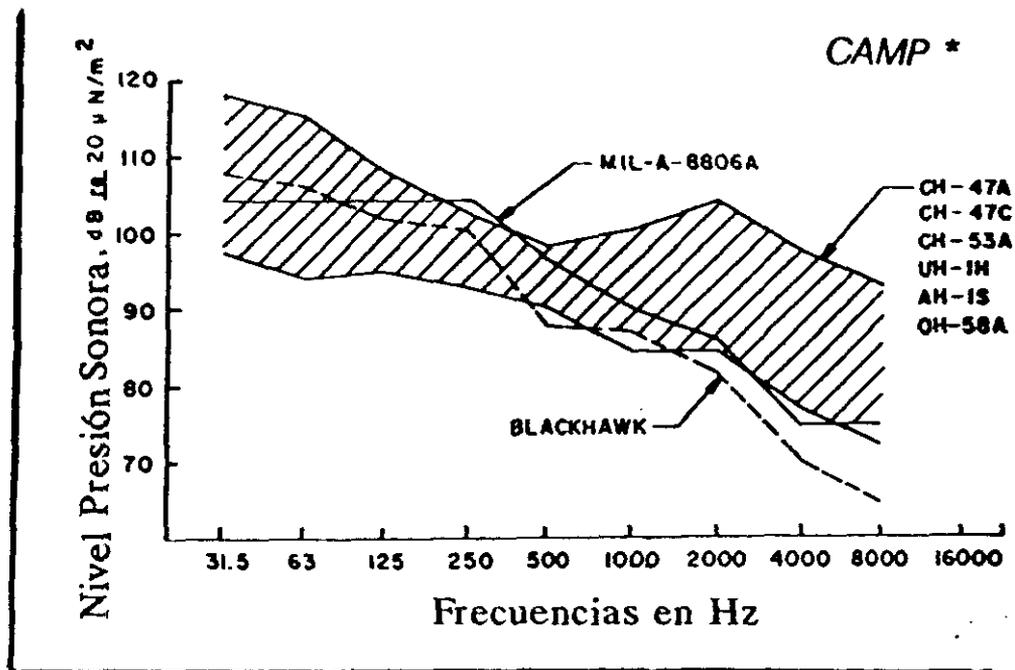
En su interior, su excesiva intensidad impide la comunicación hablada, persona a persona, y la esencial ayuda de las radiocomunicaciones. Las mediciones realizadas, han señalado



Fig.40

SIKORSKY CH-53 E

Fig.41



que en la mayoría de los helicópteros, el grado de inteligibilidad oral de dichas ayudas está por debajo de lo requerido por la norma del Departamento de Defensa * MIL-STD 1472B.

Esto produce problemas en su mando y control, reduce la efectividad y velocidad de respuesta de las tripulaciones aéreas, y en algunas situaciones, pueden ser actualizada causa de pérdidas, procuradas a la mala comprensión de las instrucciones.

Como ejemplo de la degradación en la comunicación persona a persona, en el transporte de tropas en helicóptero, un jefe de escuadra, sólo puede dar instrucciones a gritos a sus inmediatos.

Pérdidas temporales auditivas pueden persistir largamente, incluso después de abandonado el mismo, lo cual puede poner en peligro a las tropas aerotransportadas a la zona de combate, al interferir en la recepción hablada ó cuchicheada de las ordenes.

Durante mucho tiempo, la normativa industrial aplicada fué en base a la norma MIL-A-8806A, del Departamento de Defensa** idéntica a las aeronaves de ala fija. Siendo distintos los requerimientos de potencia, perfiles de misión, y hasta un tanto desfasados los criterios de riesgo por exposición al ruido.

Fué en 1.972, cuando la primera versión de la MIL-STD 1474# del Departamento de Defensa ***. El primer intento de lograr dichos standares sonoros para éste particular modo de aeronave.

Formandose años más tarde un amplio grupo de trabajo, de gran heterogeneidad, desde las industrias vinculadas hasta la Agencia de Higiene Ambiental, Laboratorios de Ingeniería, etc, bajo la Dirección de Desarrollo e Investigación de la

Aviación del Ejército de Tierra americano, en la figura de S. Moreland.

Durante la elaboración de estos estándares, estas fueron las consideraciones tratadas y desarrolladas:

1. Potencial riesgo en la audición para ambos: tripulantes y pasajeros.
2. Inteligibilidad hablada, ambas, la directa y con ayuda radioeléctrica.
3. Atenuaciones procuradas por el casco del tripulante, y protección auditiva utilizable por los pasajeros.
4. Potencial exposición al ruido de pasajeros improtectados.
5. Estado actual de la reducción del ruido en helicópteros.
6. Perfiles típicos de misiones variadas de ellos en tiempos de paz y bélicos.
7. Exceso de peso procurado por los materiales reductores del ruido.

Como preliminar se realizó el registro gráfico en la amplitud de una octava de banda, de los niveles acústicos generados por helicópteros militares corrientes.

En la Fig.41 se exponen dichas gráficas obtenidas por CAMP*, en comparación con la norma MIL-A-8806A, observando el sobrenivel sonoro, que con ella alcanzan la mayoría, frente a los valores ideales del más moderno Blackhawk.

De serio contraste puede decirse, que los límites entre las bandas 31'5 - 125 Hz son innecesariamente restrictivos, y por el contrario demasiado permisibles, entre los 250 - 2000 Hz, para la referida MIL-A-8806A.

Se tuvieron como premisas básicas en el referido grupo de trabajo, que las limitaciones del ruido no podían conllevar la alteración en las características de la máquina, al querer la reducción de la fuente de aquel (potencia), ó reduciendo su capacidad de carga, con el mayor uso de materiales acústicos.

En una palabra, mejorar las características de la máquina, posibilitando al máximo las comunicaciones y, preservando la audición en sus usuarios.

EXPOSICION DEL TRIPULANTE SEGUN MISION DE VARIOS HELICOPTEROS

MARTIN *

TIPO DE HELICOPTERO	PERFIL DE LA MISION	TIEMPO MISION (hrs)
UTILITARIO..	(Evacuación aeromédica	1'1
	(" " " de tropa combatiente... ..	1'3
	(Reabastecimiento unidades	
	(de choque	1'5
	(Combate de asalto	2'3
EXPLORACION	(Establecer contacto con	
	(el enemigo	1'4
	(Reconocimiento posición	
	(de Batalla	1'6
	(Adquisición de objetivos ...	1'6
(Protección	2'3	
ATAQUE	(Apoyo aeromóvil	1'6
	(Patrulla control aéreo	1'7
	(Anticarros/blindados	1'8
CARGERO	Reabastecimiento logístico..	1'3
TODAS	Entrenamiento	1'8

Fig. 42

Rutas de exposiciones típicas al ruido ú escenarios habidos fueron seguidos para obtener los niveles reales de aquel, al objeto de que no sean excedidos con el propósito de preservar la audición.

El cuadro de la figura 42, de MARTIN* patentiza el tiempo de duración de la misión en diferentes tipos de helicópteros. Con un promedio entre, 1'1 hora de las aeroevacuaciones sani-

tarias, a las de protección/patrulla de 2'3 horas.

De sumo interés, una vez conocido el tiempo que exige cada misión bélica, es el determinar en tiempo de paz ó de guerra, el promedio diario de tiempo exposición al ruido en cuatro modalidades ó misiones, más usuales (Fig. 43).

PROMEDIO DIARIO DE EXPOSICION DEL TRIPULANTE EN TIEMPOS
DE PAZ Y BELICOS POR TIPOS DE HELICOPTEROS

TIPO HELICOPTERO =====	TIEMPO DE EXPOSICION (HORAS DE VUELO) =====	
	EN PAZ -----	EN COMBATE -----
UTILITARIO	3 - 6	8 - 10
EXPLORACION	2 - 4	12 - 14
ATAQUE	2 - 4	8 - 10
CARGUERO	2 - 4	8 - 10

Fig. 43

La verdadera realidad, es que, a un piloto en tiempo de guerra, el tiempo de exposición al ruido se le duplica ó triplica con relación al de paz.

Además, el riesgo de daño auditivo, nos indica que sobrellevar 10-12 horas de exposición, podrían requerir niveles de ruido, que deberían ser ilusoriamente bajos, lo cual haría indiseñable ése helicóptero ideal.

También se ha estimado, que el 95 por % de las pérdidas auditivas de tripulantes y pasajeros, tienen lugar en tiempo de paz. Por dicha razón se seleccionó en 4 horas, el tiempo máximo diario de exposición, para determinar los límites del daño auditivo procurado por el ruido de helicóptero.

Con base a los tiempos en las misiones utilitaria y de carga (Fig.42), fué estimado que los pasajeros podían exponerse por día a un período de 1'5 hora; incluso algunas de dichas exposiciones podrían serlo sin protección. Ahora bien, el pasajero, suele participar en una sola misión, no hay reiteración, como en el caso del piloto.

En síntesis, considerando a ambos en los límites standard

CRITERIOS DE RIESGO DE DAÑO A EXPOSICIONES VARIAS.

ATENUACION CON CASCOS SPH-4 Y LIMITES DE LA MIL-A-8806A

Banda de una Octava Centro Frecuencial (Hz)	Categoria D MIL-STD-1474B 8 Horas sin protección Nivel (dB)	1'5 Hr Sin protección Nivel/dB	4 Hr Protec. (SPH-4) minus 1) Nivel (dB)	4Hr Sin protección Nivel/dB	SPH Ate nua cion (dB)	MIL A 8806 A (dB)
31'5	117	127	132	121	-	104
63	106	116	122	110	-	104
125	96	106	112	100	17	104
250	89	99	103	93	15	104
500	83	93	112	87	30	96
1000	80	90	108	84	29	90
2000	79	89	123	83	35	86
4000	79	89	129	83	51	75
8000	81	91	129	85	44	75

Fig. 44

se valora en 4 horas la exposición diaria del piloto con protección acústica (en razón multimisión), y en la referida 1'5 hora para el pasajero, sin protección acústica, en razón de su misión única.

Bajo la directriz de conservación de la audición, el Departamento de Defensa Instrucción 6055.3 **** establecía que el nivel de la exposición al ruido fuera inferior a 85 dB (A) en 8 horas.

El referido grupo de trabajo, convino, que las especificaciones, se realizarían dentro de una Octava de banda, pero en la categoría D (dB), estableciéndose la MIL-STD 1474B #, como límite de la línea basal. En la figura 44, los valores límite de dicha categoría son mostrados, sin utilización de protección, en las antedichas, 8 horas.

La instrucción 6055.3, también especificaba, la realación de cambio entre tiempo e intensidad, con un valor de 4 dB. Por ello, en la precitada tabla, se exponen, los límites de exposición a 1'5 y 4 horas sin protección, junto a los que se permiten a 4 horas utilizando el casco protector SPH-4 de uso por las tripulaciones aéreas.

La atenuación que procuran dichos cascos es mostrada en el

espectro frecuencial, y la comparación de la primitiva norma MIL-A-8806A con la MIL-STD-1474B, permite ver lo dicho en cuanto, a mayor limitación en las bajas frecuencias y menor en las altas.

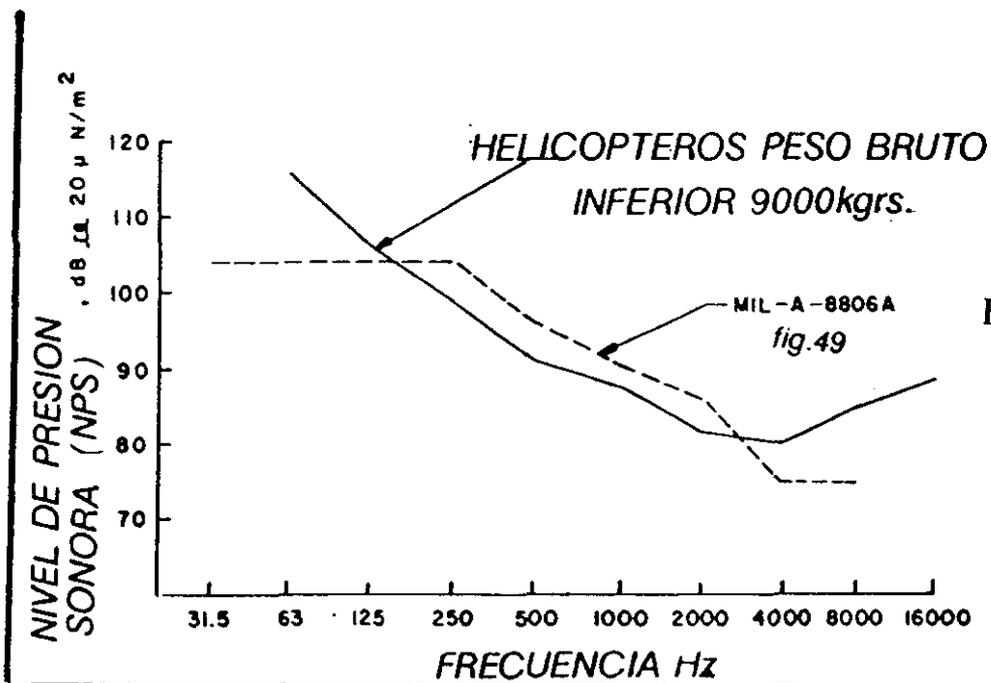
De las bajas frecuencias, hasta la de 16 Hz, se acordó en base a los datos de investigación, que su umbral de 89 dB para 4 horas sin protección fuera incluido, favoren el enmascaramiento, reduciendo la inteligibilidad de lo hablado, y la audibilidad de los "sonidos de emergencia".

Hasta aquí, se ha hablado del ruido, en su acción más generalizada. Pero es preciso, el establecer un standard para el ruido interior, en el cual, su exceso no impida la eficaz ayuda de la inteligibilidad hablada de los equipos de radio-comunicaciones.

La efectividad de éstas no sólo en el vuelo normal es de importancia, sino que en situaciones "criticas", como en vuelo instrumental ó durante las emergencias en vuelo, la calidad de la inteligibilidad puede radicalmente afectar la seguridad en vuelo.

El nivel de presión sonora (SPL) seleccionado para la conservación de la audición, procura un índice de articulación (IA) del 0'6. Dicho índice, permitirá una inteligibilidad del 84 por % en dichas radiocomunicaciones, usando las normas ANSI *, el test de inteligibilidad de palabras monosilábicas, el cual corresponde al 98 por % de la frase y de la inteligibilidad standarizada de aquella (KRYTER).*

Dicho grupo de trabajo, acordó, que el límite de ruido standard, permitiría la comunicación, limitada al 75 por



● Usando 1% del Peso Bruto en Aislamiento+nueva tecnología

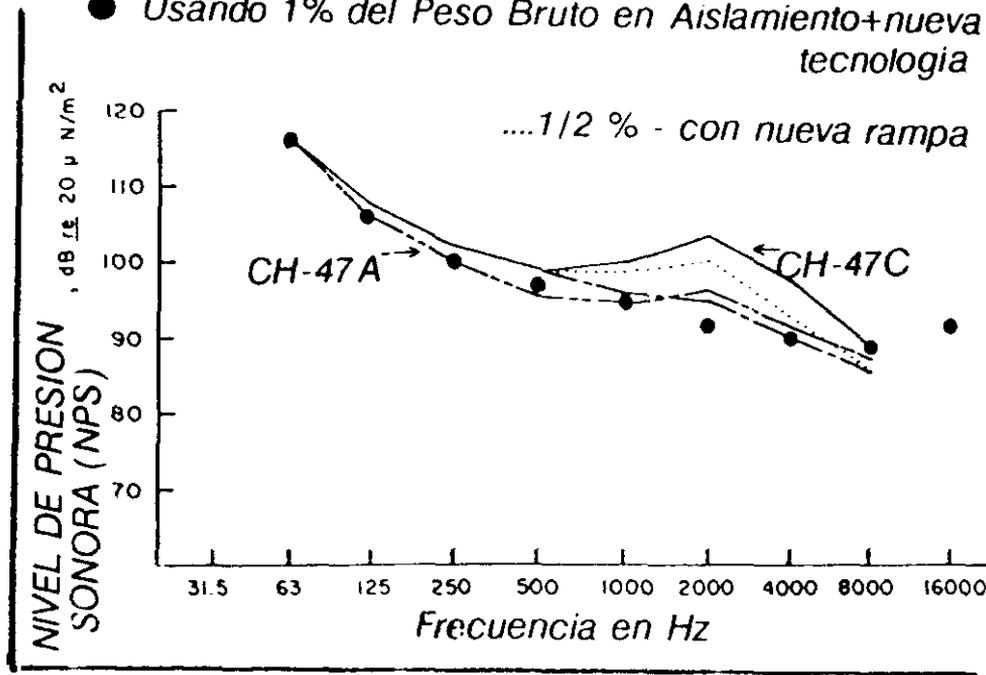


Fig. 46

%, obtenida por la inteligibilidad de la palabra monosilábica, gritada a 1'5 mts, y a 0'25 mts con tono de voz normal. Dicha inteligibilidad es obtenida sí, el nivel de inteligibilidad hablada (PSIL-4#), no excede en 85 dB, las frecuencias de 500 ,1000,2000 y 4000 Hz.

En el proyecto y fabricación de helicópteros de menos de 9.000 kgrs de peso, los niveles para una octava de banda serán selectivos, como en la figura 44, se expone, al objeto de reunir los requerimientos de inteligibilidad hablada, con los de conservación auditiva.

Los niveles de una octava de banda serán seleccionados, para el diseño límite, como se señala:

1. Los niveles de presión sonora, para 63, 125 y 250 Hz, son aquellos que reúnen la conservación de la audición impropetida para 1'5 horas de exposición.

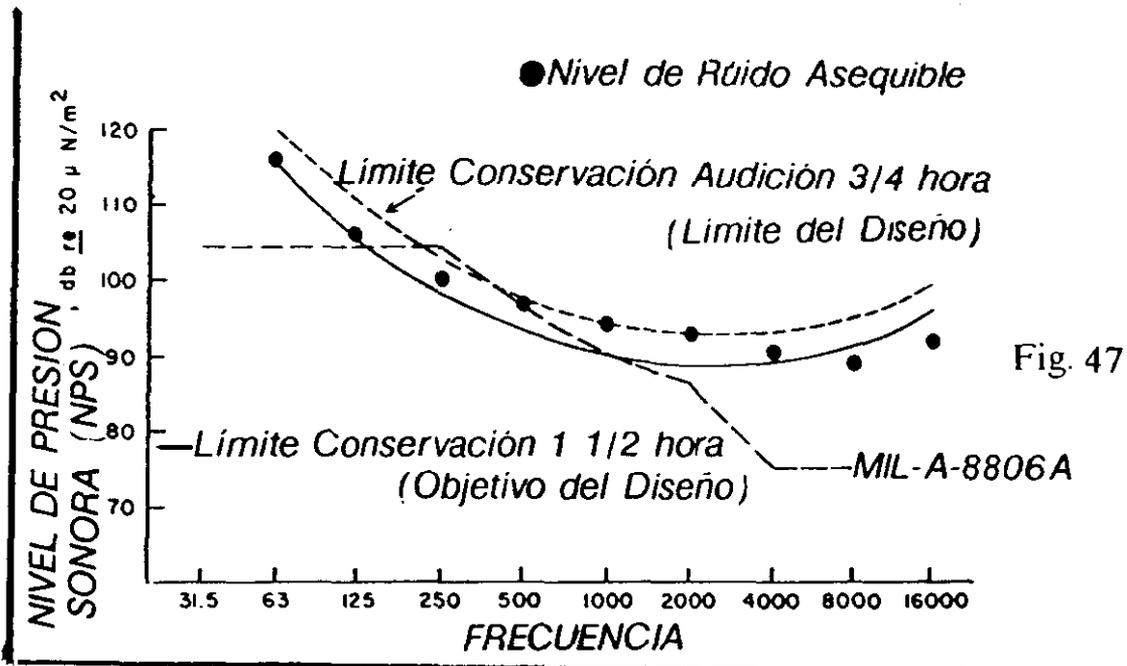
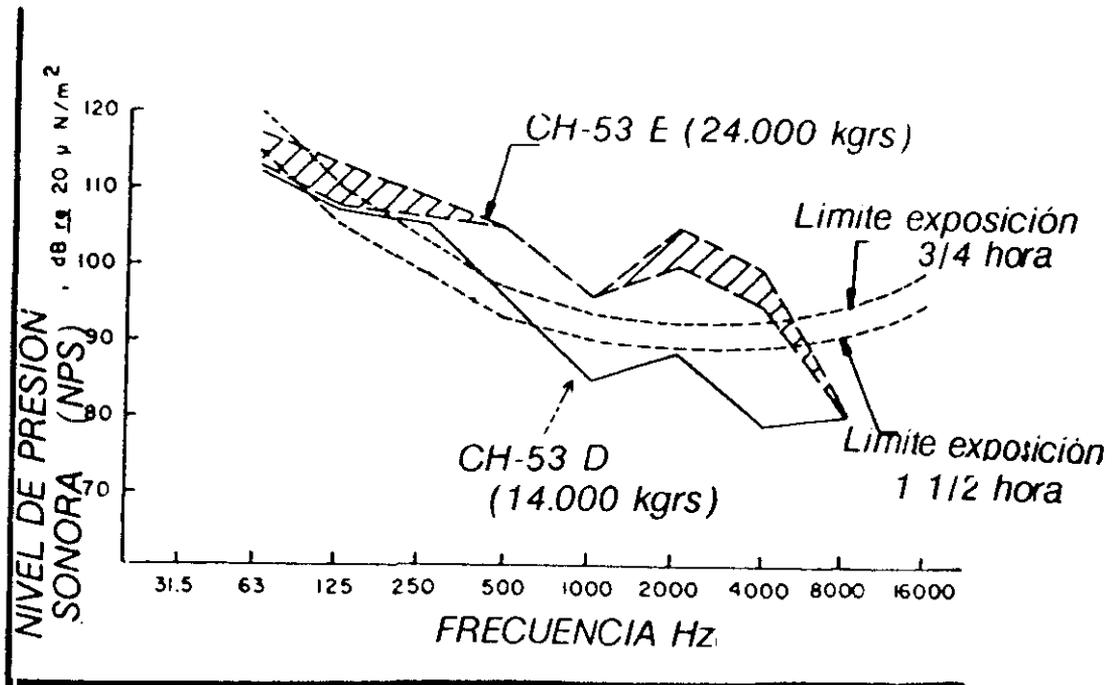


Fig. 47

Fig. 48



2. Los niveles de presión sonora, para 500, 1000, 2000 y 4000 Hz, son los del promediado de 85 dB del requerido para inteligibilidad hablada sin ayuda (PSIL-4).
3. El nivel de presión sonora para la frecuencia de 8000 Hz, es aquel que reúne los límites de conservación de la audición, para oídos improtectados a 4 horas de exposición (Fig. 44).
4. El N.P.S. de la frecuencia 16 KHz, su límite fué adoptado por el Consejo de Gobierno de Higiene Industrial, en 4 horas de exposición para oídos improtectados (MICHAEL)*

Estos niveles seleccionados procuran la debida inteligibilidad para la radiocomunicación, al tiempo de procurar la protección auditiva, al personal usuario del casco de vuelo SPH-4 durante 8 horas, ó 6 horas si sólo se usa protectores de oídos.

La gráfica de la figura 45, evidencia que bajo la primitiva norma MIL-A-8806A, las restricciones en las frecuencias más bajas y más altas, eran paradójicamente muy restrictivas. Al tiempo que, los niveles frecuenciales medios han sido disminuidos en 5 dB, lo cual favorece la inteligibilidad y amigora el riesgo de pérdida auditiva.

Aún considerando los avances tecnológicos actuales, las normativas precedentes no son de posible aplicación a helicópteros pesados, con un peso superior a las 9 toneladas, como puedan ser, el CH-53 (Fig.40), en sus versiones, A de 14.000 kgrs, a la E, de 24.000 kgrs.

Por ello, más adelante expondremos, la normativa aplicada a ellos, pero sirva como contrapunto, que las dificultades técnicas involucradas en la reducción del ruido, son de tal grado, que se hace preciso definir el límite del ruido, ó el



Fig.49

más bajo nivel sujerible a traves de la reducción.

En refrendo a lo anterior, y en un modelo que por su gama de peso puede considerarse, apropiadamente como mediano, sí el CH-47A con 11'2 tns., el tipo de tratamiento del ruido en sus diversos orígenes fuese aplicado, como en la Fig.46 se muestra, al CH-47C de 16 tns. La atenuación obtenida como consecuencia de aplicación de un programa de transmisión del ruido (HARTMAN) *, sería la reseñada.

Con un tratamiento acústico que afecte al 1 por 3 del peso absoluto, se puede en combinación con la nueva tecnología, aproximar su curva sonométrica a la más tranquila del CH-47A, eliminando el pico de 2.000 Hz.

Las características de éstos helicópteros pesados, determinan que el límite de audición sin protección se situe en 1 ½ hora y 45 minutos. Aún cuando el primer valor, podría ser un objetivo límite, más que deseable, los valores reales se aproximan más a los 45 minutos. En éstas condiciones las comunicaciones persona a persona, con un PSIL # estaría en 94 dB, casi imposible con voz en tono normal, y podría provocar dificultad de las conversaciones aún gritando a 0'5 mts.

Comparando la 1 ½ hora y los 45 minutos de límite en los muy pesados helicópteros monorrotos, tales como el CH-53 D de 14 toneladas con el de la versión E, de 24 tnlds, de peso , sus límites serán muy diferenciados, como la figura 48, nos evidencia, el nivel de ruido interior medido en la versión D, y la proyectada para la más pesada E (SCHLEGEL) *.

En ellos, la atenuación más difícil, está en las bajas frecuencias de 65 - 250 Hz procuradas por las palas del rotor, su atenuación determinaría una reducción de sus características, además de incrementar su peso en grado prohibitivo al incrementar los materiales aislantes.

Las frecuencias medias y altas, entre 500 - 8000Hz, pueden a través del diseño, reducirse las transmisiones del ruido, y asociado, al uso selectivo de material aislante en la célula, junto al amortiguamiento sonoro para no transmitirlo a aquella.

De aquí, que en la figura 47, se vean los dos tipos de perfiles que fueron prestablecidos, para los de peso superior a 9 tnls., monorrotores, la llamada línea de diseño límite, y la inferior, denominada línea, objetivo de diseño, y como base comparativa, la de la norma MIL-A-8806A.

En pura lógica, el diseño de la curva límite, permitió señalar cuales eran los límites asequibles. De éste modo, para pasajeros, y transporte de paracaidistas se situó en 45 minutos el tiempo de exposición. Para los tripulantes aéreos usuarios del casco de vuelo SPH-4, en 4 horas de misión diaria. Para pasajeros con protección, estos tiempos se incrementan a 3 horas de exposición diaria.

NIVEL DE PRESION SONORA (dB). LIMITES DE DISEÑO Y DE OBJETIVO

CENTRO DE BANDA FRECUENCIAL (dB)	PESO BRUTO DEL DISEÑO		
	Inferior a 9.000 KGRS LIMITE DISEÑO	9.000kgrs OBJETIVO DISEÑO	ó Superior LIMITE DISEÑO
63	116	116	120
125	106	106	110
250	99	99	103
500	91	93	97
1 000	87	90	94
2 000	82	89	93
4 000	80	89	93
8 000	85	91	95
10 000	89	95	99

Fig. 50

La figura 50 muestra los límites en el espectro frecuencial de una octava de banda, los diferentes límites para helicópteros ligeros y pesados de nivel de presión sonora, obligados según sus características de peso, monorrotores.

Como último punto, de ésta un tanto exhaustiva exposición, los distintos, subsistemas de la aeronave, caja de engranajes, bombas de hidráulico, aceite, etc., unidades auxiliares de potencia (APU)# a bordo, soplantes, pueden generar

niveles muy significativos de ruido. Lógicamente en vuelo no excederán ellos, los estándares límite requeridos del ruido.

Los fabricantes proveerán la información, sobre las mediciones efectuadas, en normas prestablecidas, en localizaciones seleccionadas de tripulantes, y pasajeros, estando en vuelo estacionario u en línea de vuelo, con las escotillas y puertas cerradas, así como tomas de aire. Señalando los incrementos de ruido procurados, por su apertura. Con adecuación en el equipo de comunicaciones instalado. (GARINTHER & COLAB).*

Despegue y aterrizaje vertical, (VTOL #), a diferencia de las aeronaves de ala fija, que para despegar han de alcanzar una velocidad, en la cual en íntima dependencia con la relación peso/superficie alar, el principio de Bernouille, debe cumplirse, para procura la sustentación, y así tener lugar el paso al medio atmosférico.

Las de despegue vertical, son así denominadas, porque pueden por variados procedimientos, desde las de fuselaje / ó motor basculante, hasta las de toberas orientables, éste último, hasta el momento el más utilizado, (Fig. 51) lograr elevarse sobre el suelo, deflectando los gases de salida del reactor hacia abajo por difentes puntos del fuselaje ó célula (empuje vertical), ó hacia atrás, logrando el empuje para el vuelo horizontal.

Del mismo modo, reduce su impulso horizontal, casi llegando a la pérdida de sustentación por aminorar su velocidad, al tiempo que girando , y deflexionando el chorro, logra pasar a vuelo estático, y reduciendo potencia, situarse en el suelo.



Fig. 5

A nosotros, nos interesa por la elevada emisión sonora que tiene lugar durante éstas operaciones, máxime cuando por sus características puede hacerlo, en áreas urbanas, como parques estadium, etc. Recuerdese, la expectación del que tomó tierra , en las proximidades de la estación de San Pancras en Londres en 1.969 .

La aplicación civil, y consecuentemente la ubicación en zona urbana, de sus helipuertos, tropieza con el elevado nivel de presión sonora, y del EPNL #, precisamente generado por el diámetro de las toberas de salida, y de la velocidad del fluido tras el sistema sustentador. Para minorizarlo, los intentos están dirigidos, a adecuar el uso mínimo de potencia, incrementar el diámetro de las turbinas orientables, etc.

Tienen una gran similitud en cuanto al espectro frecuencial bajo (vibraciones), con el de los helicópteros. Siendo más significativa su acción, sobre el tiempo de respuesta del piloto, que en otros efectos clínicos.

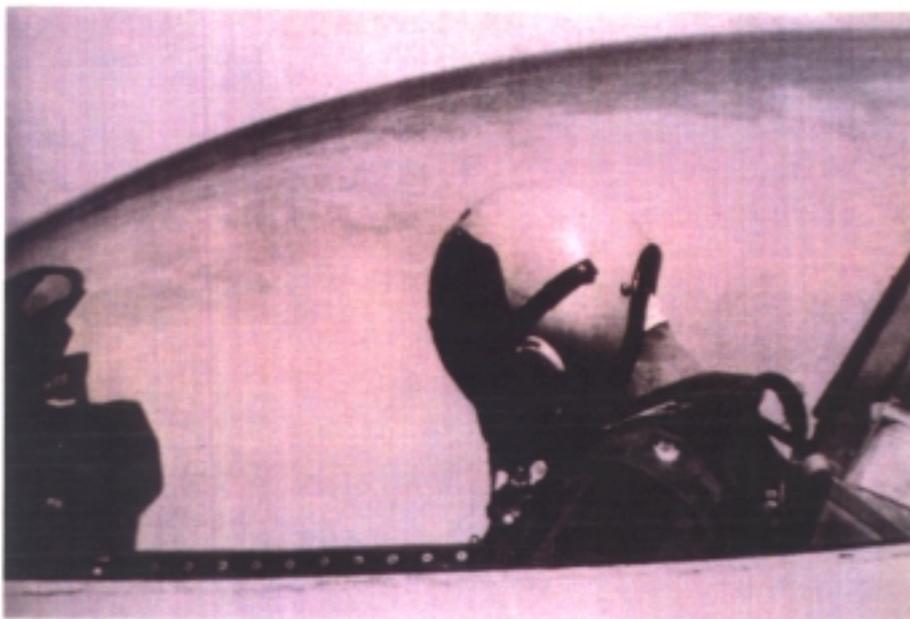
3.1.3.2 Célula :

----- Comprende el conjunto del fuselaje, y las alas ó planos. A nosotros nos interesa del primero, la cabina

Refiriendonos en particular, a la de ocupación única, por ser la que mayor, trabajo, atención, y tiempo demanda, al piloto. En una palabra, su dedicación sensorial es muy elevada , de aquí que la fatiga, con la saturación de tareas, canalización de la atención, sean, el tema de conjunta consideración de diversas especialidades médicas (oftalmología, ORL, bioingeniería, siquiatria) para reducir su tarea, en beneficio de su mayor seguridad, (Figs. 38 y 39, corresponden a las cabinas del Phantom, y F.1)

El confort del usuario es necesario, pero sín que su tamaño se vea, como ocurre en algunas aeronaves, tan reducido, que incluso, el número, tamaño, y disposición alejada de algunos de los instrumentos de su eje visual en el panel. Como puedan ser el selector frecuencial de las radiocomunicaciones, del regulador de oxígeno, etc. Le obliguen a realizar movimientos amplios de localización, sumamente peligrosos en maniobras violentas, de entrenamiento/ combate, con riesgo leisonal ó de desorientación como más adelante veremos, (Fig. 52).

La disposición del respaldo de su asiento eyectable, no sólo, le ha de procurar seguridad, en su uso de emergencia, sino también, la movilidad a su columna, combinable a neutralizar, las aceleraciones a a que se ve sometido (Fig.52), con el mayor confort, posible.



La carlinga, constituye un elemento de significativa eficacia para la práctica del vuelo visual (VMC/VFR #), sólo en las condiciones de instrucción del vuelo instrumental, (IMC/IPR #) es cuando aquella es aislada del exterior voluntariamente.

Permite, que toda la información visual externa, se armonice con la propioceptiva corporal del piloto, y en concordancia con la procurado por el oído interno, (otolítica y ampu- lar).

La figura 53, muestra el destacado interés, que la visión

VISION " FOCAL Y AMBIENTAL "

COMPARACIÓN ANATÓMICA

FACTOR	FOCAL	AMBIENTAL
CORRELACIÓN CON SUBSISTEMAS	EXCLUSIVAMENTE VISUAL	VISIÓN PERIFÉRICA *
		⇄ TACTIL
		⊥ AUDITIVA
		☐ VESTIBULAR
Área retiniana	Foveal	* Periférica.
Campo Visual	2° - 6°	180°
Agudeza Visual	20 / 20	20:400
Color / Contraste Sensibilidad	CONOS / Alta	BASTONES / Baja.
Luminosidad	Requerida	Alguna
Procesado Señal	Visual / CORTEX	Visual / Sensorial Cortex Paralelo.

Fig-53

EVOLUCION DE LAS CARLINGAS :

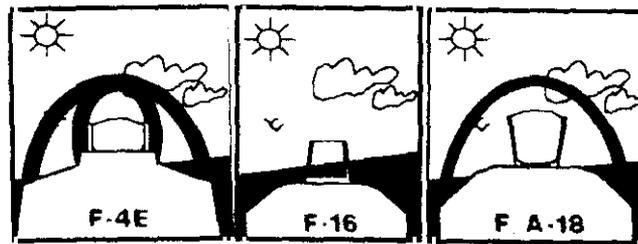
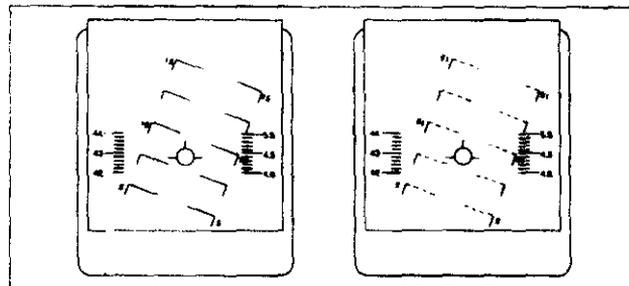


Fig.54

La cabina en burbuja con horizonte "visión panorámica"



focal (central), y la periférica (ambiental), tienen fisiológicamente. En éste momento al lector, y al especialista de otra disciplina, y más probablemente al O.R.L., le surja la pregunta, ¿ que razón de causalidad existe en éste trabajo, y en que lógica se habla de la visión?. Pues bien, nunca mejor esa posible cuestión, tiene ésta particular respuesta.

En la técnica de conducción de un vehículo, todos tenemos, un cono central de visión de 2° a 6° , el cual a medida que incrementamos la velocidad, se reduce, y en el caso del avión reactor, por su alta aceleración, se conjugan en su reducción el factor velocidad, y la disminución de la presión en la arteria central de la retina, de 1 cm de Hg. por cada G de aceleración admitida en maniobra por el piloto.

Las diferencias son aún de mayor consideración, en que una es eminentemente, diurna, la otra más adecuada al vuelo nocturno. Los índices de luminosidad exigidos por cada una de ellas son totalmente diferente. Siendo la focal de dependencia cortical cerebral, y la ambiental de participación del cortex paralelo. La periférica, puede ser influida por estímulos desde vestibulares, auditivos, etc. La central es exclusivamente visual.

Siempre se deseó disponer de una carlinga, que fuera totalmente limpia en su superficie, sin que ninguna estructura de

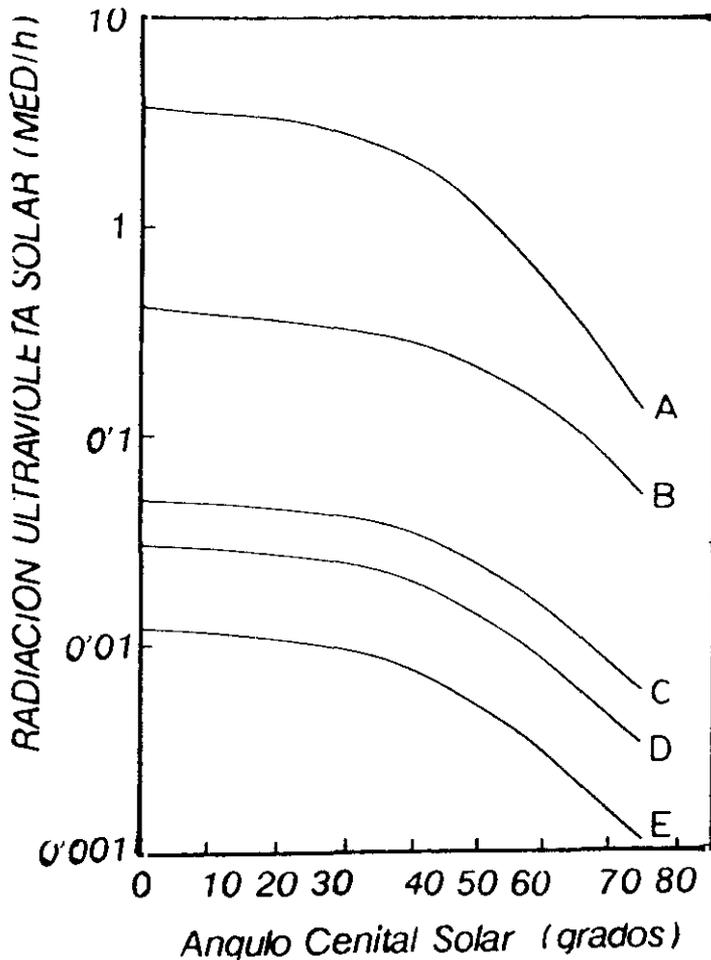


Fig.55

la misma, limitará su visualidad. En una palabra, de panorámica total.

Pues bien, lograda su fabricación el barrido frontal de 90° a derecha izquierda, y de igual amplitud en vertical, la llamada en burbuja de aire puede ser causa de alteraciones de desorientación oculo-vestibular, al no tener asociación de presentación estructural de parte del avión, sufriendo el piloto, un vértigo con eyección del mismo, sin ningún fallo de la máquina, y en una meteorología ideal, al salir de un picado sobre la superficie del Zunderzee, como hace años sucedió en un F-16.

La figura 54, nos muestra la evolución habida en razón de lo andicho. Desde la del Phantom, a la izquierda, un tanto costreñida de campo visual, la del F-16 en su inicio, que fué generadora del efecto alfombra, al no sentirse las variaciones de velocidad entre 200 y 600 knts, asociado a su panorámica visual total, que en maniobras sin visualización del horizonte, fueron desencadenantes de desorientación intensa en vuelo. Por ello, en el F/A-18 (Hornet), se procuró mantener, parte del arco de cabina, y proyección del morro del fuselaje, para anular esta contigencia.

La carlinga en configuración tan diáfana, en noche cerrada, puede presentar una intensa reflexión de los instrumentos del panel en su cúpula, así como de las pantallas del radar y de otros tubos catódicos (CTR #), desencadenando desorientación en vuelo como más adelante señalaremos.

Desde el punto de vista de usuarios, preferentemente pilotos civiles, y en relación con varias especialidades, dermatólogos, oncólogos, oftalmólogos, y desde la vertiente otorrinolaringológica, por los procesos blastomatosos, ubicados en el vestibulo, pirámide nasal y pabellón auricular, hemos de valorar la situación en la actualidad procurada, por las radiaciones solares ultravioletas en el vuelo.

La relación exposición solar, como factor causal de apari-

ción de tumores en la piel, ha sido muy debatida, en USA, RIEGEL & COLABRS *, en el Reino Unido, MAC KIE & COLABRS *, y , en Australia, MAC LEOD & COLABRS, junto a algunos pilotos que han presentado ésta particular patología, intentando ser indemnizados.

Como en la figura 10 podemos observar, el espectro de dichos rayos ultravioletas (U.V), está comprendido en la longitud de onda entre 290 - 400 nm. De ellos, los llamados UV-UV-C (290-100 nm), no atraviesan la atmósfera de la tierra, al ser totalmente absorbidos por la capa ozónica, sólo pueden en el vuelo a dicha cota, ser ligeramente afectantes. Los UV-B (320-290 nm), son parcialmente absorbidos por el ozono, y en parte responsables, de las quemaduras solares, degradación de la piel y cancer cutáneo.

Los UV-A (400-320 nm), sin significativa absorción ozónica , son ellos, los que incluso atravesando, el cristal de la ventana en tierra ó el metacrilato de la escotilla/ventana de la aeronave, los causales de la patología enunciada.

En las carlingas, al producirse su cambio de su longitud de onda por efecto de atravesar su material estructural, generan calor, lo que en aeronáutica, se denomina "efecto invernadero ", resultando el ambiente de cabina más caluroso.

TRANSMISION DE LA RADIACION ULTRAVIOLETA, MEDIDA A TRAVES

DE UNA VENTANA LATERAL DE 30 m/m DE ESPESOR EN UN

AIRBUS A 320.

(según DIFFEY & ROSCOE)*

Longitud de Onda, nm	Transmisión en %.
400	43
395	29
390	11
385	1'2
380	0'013
375	0'0011
< 370	< 0'001

Fig. 56

La cantidad y calidad de los radiaciones por UV, particularmente, del tipo B, depende, de la estación del año, de la longitud y latitud geográfica, de la nubosidad existente, de la altitud, estimandose se incrementan en un 6 por % con cada

kmtr. de aquella (CUTCHIS)*, y lógicamente, del tiempo de exposición.

VAGERO*, en un estudio epidemiológico realizado por él en Suecia, y en el País de Gales, han demostrado, que los pilotos tienen un riesgo mayor de desarrollar un melanoma, que otros grupos ocupacionales.

La figura 56, nos permite valorar como un parabrisas fabricado de cristal laminado con polivinilbutaril, y ventanillas laterales, de acrílico laminado y polivinilbutaril, reducen el 20% de la referida radiación ultravioleta, a pesar de ser mayor la superficie acristalada en sus modernas cabinas.

La gráfica de DIFFEY *, permite valorar los niveles de radiación UV ambiental bajo un cielo limpio. La curva A de mayores valores, corresponde a un exposición a nivel del mar sin sombra alguna (cenital) y en superficie horizontal, Fig. 55

La curva B, corresponde a nivel del mar, pero pasando a través del cristal de una ventana. La curva C, a una altura de 40.000' pies de vuelo, el nivel obtenido en el puesto de pilotaje pasando por las ventanillas acrílicas de aquel.

La curva D, muestra la reducción notoria a 20.000' pies, y a través de ventanilla de cristal acrílico. Finalmente la E, corresponde en cabina, a nivel del mar y según el grado cenital de los rayos solares.

Los valores de acción fueron medidos en el patrón, "Dosis Eritémica Mínima (MED#), es decir la cantidad de UV, que procura eritema cutáneo, detectable en 24 horas por el ojo humano.

La exposición solar anual de los trabajadores ingleses a cubierto se estima en 90 MED, en tanto que, para los de puertas afuera, alcanza 3 veces dicho valor, (DIFFEY)*. Las vacaciones estivales, y las ocasionales de festividades, pueden incrementar, en un 10 por % aquella.

En pilotos volando 900 horas anuales, de las que 600 -700 horas, son a la máxima altura de crucero, muestran una exposición típica anual de 4 MED a UV, y no excede probablemente los 10 MED.

En sentido breve, su grado es inferior al referido de los trabajadores en exteriores, y en ocupación interior, como puedan ser enfermeras, fisioterapeutas en departamentos de fototerapia hospitalaria. Sirva de contrapunto, que 4 MED de exposición ocupacional, es compatible con trabajadores, de interiores con luz fluorescente en su jornada diaria, (MAC KINLAY Y COLABOR*).

La Fig. 55 indica, que durante el vuelo, los pilotos están

expuestos ciertamente a niveles inferiores, que el de trabajadores en tierra sentados próximos a ventanas.

Seguidamente, hemos de tratar las condiciones ambientales de las cabinas, en su doble vertiente, militar, y civil de transporte.

Por razón de las variaciones de presión, que ya nos son conocidas por precitadas, a medida que una aeronave se sitúa a mayor altitud, la presión exterior e interior, se equiparan, como consecuencia de ello, sus ocupantes, ya sean tripulantes ó ocasionales pasajeros, se verán expuestos a la progresiva reducción de aquella.

Los niveles de potencial afectación guardan un elocuente mensaje en las figuras 7, 8 y 9, puesto que nuestra oxigenación mostrará una declinación con la altitud, en toda su gama desde mínima a mortal, cuando el tiempo útil de conciencia es de contados segundos.

Para soslillar éste handicap, se ha dotado de un sistema de presurización e aquellas, para que aumentado nuestra presión interna de cabina, podamos adecuar nuestra respuesta fisiológica, con respecto a nivel del mar, desplazando el riesgo de incapacitación por la altitud.

Como es de obligado reconocimiento, ésta mayor resistencia estructural de la cabina, para poder soportar la presión diferencial, procurada por los compresores de cabina, y la exterior, ha sido lograda por la tecnología de aleaciones y materiales, que conjugan el menor peso con la más elevada resistencia estructural.

De tal grado ha de ser ésta última, que de producirse un fallo en su fabricación, ó una fatiga estructural por su uso, recordemos el caso de los COMET, en la década de los 50, la descompresión explosiva será la consecuencia más intimidatoria.

Por ello, la reglamentación internacional F.A.R # 25, § 841, establece el requerimiento de que toda aeronave de transporte civil debe restablecer (restituir), la presión de cabina a una altura de 2.438 mts (8.000') en vuelo normal, y caso de avería en dicho sistema presurizable, alcanzar un nivel en cabina de 4.572 mts (15.000')

Como complemento de la anterior, la disposición 121.333 de la referida F.A.R, establece que a niveles de vuelo de 12.500 mts. (41040'), uno de los dos pilotos lleve su máscara de oxígeno en disposición.

Las velocidades de ascenso y descenso, procuran por dicho

CARACTERISTICAS DE PRESURIZACION DE AERONAVES DE TRANSPORTE

(Modificado de GREENWALD & COLABR)*

AVIACION	Tipo	Indice de presurización
M	DOUGLAS DC-9 (Nightingale)	desde nivel del mar (FSL #) hasta 18.340' = 505 hPa (7'33 psi) Presión operacional diferencial.....7'46 psi Máxima presión diferencial .....8'06 psi
I		
L	C -130 HERCULES	desde 320mts/1000.' = 997hPa/14'17psi (11.000' » 657hPa / 9'50psi hasta: (6 (19.500' » 471'8hPa/6'84psi
I		
T	C- 141 STARLIFTER	desde -320mts/ -1000' » 15'2 psi hasta: 19.500' » 471'8hPa/ 6'84psi
A		
R		desde 000mts (FSL) hasta 21.500' » 410 hPa/ 5'95psi
	P - 3 ORION	desde 000mts/FSL hasta 16.000' » 548 hPa/ 7'96psi presión diferencial opera..6'70psi presión diferencial máxima.7'06psi
C	BOEING 747	presión cabina de 614 hPa=4000mts= 8'93 psi a una altura de 10.000mts »32.810' / 3'83 psi.
I		
V	AIRBUS 300	presión cabina de 552 hPa=4680mts= 8'10 psi a una altura de 11.500mts= 3 psi.
I		
L	CONCORDE	presión cabina de 738 hPa=2440mts= 10'9 psi a una altura de 12.000mts = 2'80 psi. presión equivalente a 4000mts = 8'93 psi = 552 hPa en cabina a una altura de 18.000 mts= 1'09 psi= 75 hPa, de vuelo.

Fig. 57

que las cavidades paranasales, y particularmente el oído medio, así, como las vísceras con elevado contenido gaseoso, sean los sensores de las velocidades, ascensional ó de descenso.

Los cambios de altura y tiempo en ellos invertidos, juegan en las escalas del confort/disconfort. Desde 1'5 m/s a 2'5 m/s, tenemos una gama generalmente, bien tolerada. Las compañías aéreas, para evitar incomodidades y ocasionales protestas del pasaje, procuran adecuar la velocidad de maniobra, de ascenso / descenso en los 500'por minuto, y excepcionalmente, a los 1.000 '/minutos.

De todos modos, y en orientación para más adelante entender, las obturaciones tubáricas del oído medio, el tiempo de aplicación de la velocidad, determina distintos grados de molestia ó dolor. De en 10'' a una velocidad de 1'5 mts/s, a 1 segundo a 15 mts/s, hasta 0'01 segundo a 150 mts/segundo. Tenemos una gama diferencial demostrativa.

De lo expuesto, al hablar de atmósfera, recordamos que en condiciones ISA #, se expresan sus equivalencias, a 760 mm de Hg, 1013 milibares ó hPa (Pascales), 14'69 libras por pulgada cuadrada (psi) ó 29'92 pulgadas. Por ello, para facilitar la patología que a ciertos cambios de presión, pasajeros, pacientes, y tripulantes pueden experimentar, se detalla en la Fig. 57, los niveles reales de vuelo y los de acomodación de la cabina, en aeronaves, civiles y militares de transporte.

La relación superficie exterior de cabina con la cubicación interior de la misma, expresadas ambas en metros cuadrados (m²), y metros cúbicos (m³), es decir m²/m³, es el mejor índice, para explicar el riesgo de despresurización ó descompresión explosiva, de una aeronave civil ó militar, en dependencia con la altitud de vuelo del avión.

Esta relación alcanza, su más equilibrada condición con un valor de 1/200 (m²/m³), es decir, del 0'005. Tengase presente que el tamaño de la superficie de ruptura de cabina, asociado a la cubicación de la misma, presión diferencial existente en dicho momento, y la velocidad ó tiempo en que se produce, son los condicionantes de la despresurización, a la descompresión explosiva.

Los aviones comerciales presentan con respecto a los bélicos, características contrapuestas, como son en los primeros, un gran volumen de cabina, con pequeñas áreas de posible descompresión, en tanto que en un caza por ejemplo, la cabina es pequeña en cubicación pero tiene una muy amplia área ó superficie de rotura, además de la adicional amenaza de ser perforada ó dañada, en el caso de ser alcanzada por proyectiles.

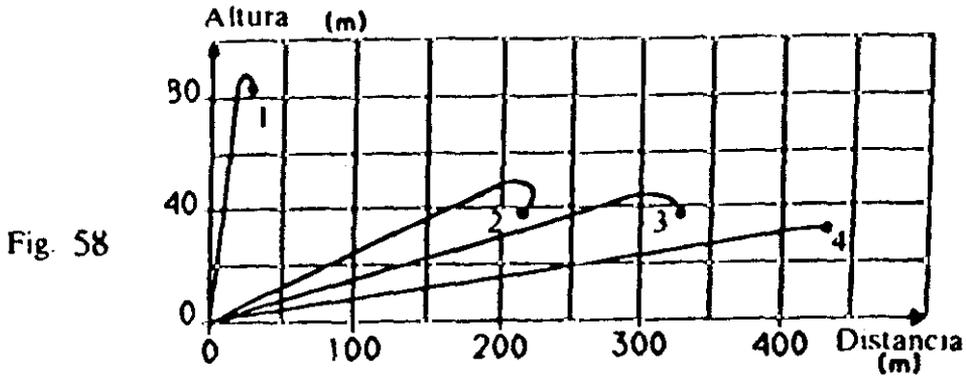


Fig. 58

En estas condiciones, estas últimas aeronaves, tienen un índice de fallo del 0'7, y las posibilidades de sufrir una despresurización alcanza el de 2 a 3 por 100.000 horas de vuelo, y siempre dotados de cabinas a más baja presión que las de tipo civil.

En una aeronave de transporte civil sofisticada en la actualidad, y de porvenir en los nuevos años bajo los programas S.S.T.#, como es el CONCORDE, las posibilidades de experimentar una despresurización a una altura inferior de 2.500 mts es 1 por 1.000 horas de vuelo, entre 2.500 y 4.500 mts del 1 por 10.000 de horas de vuelo, e inferior a 7.600 mts del orden de 1 por 1 millón de horas voladas.

El riesgo de que un pasajero sufriera la eventualidad de una descompresión se estimaba entre 1.959/1.976, de uno por cinco millones de pasajeros transportados a niveles superiores a 6.000 mts.

La eventualidad de su modalidad explosiva, ha sido observada en 5 ocasiones, en un tiempo de 0'03 segundos, sobre 133 descompresiones encuestas, entre los años 1.969 - 1.984. Entre 3.000/4.600 mts se sucedieron, 35 episodios, y 11 en niveles superiores al de 4.600 mts.

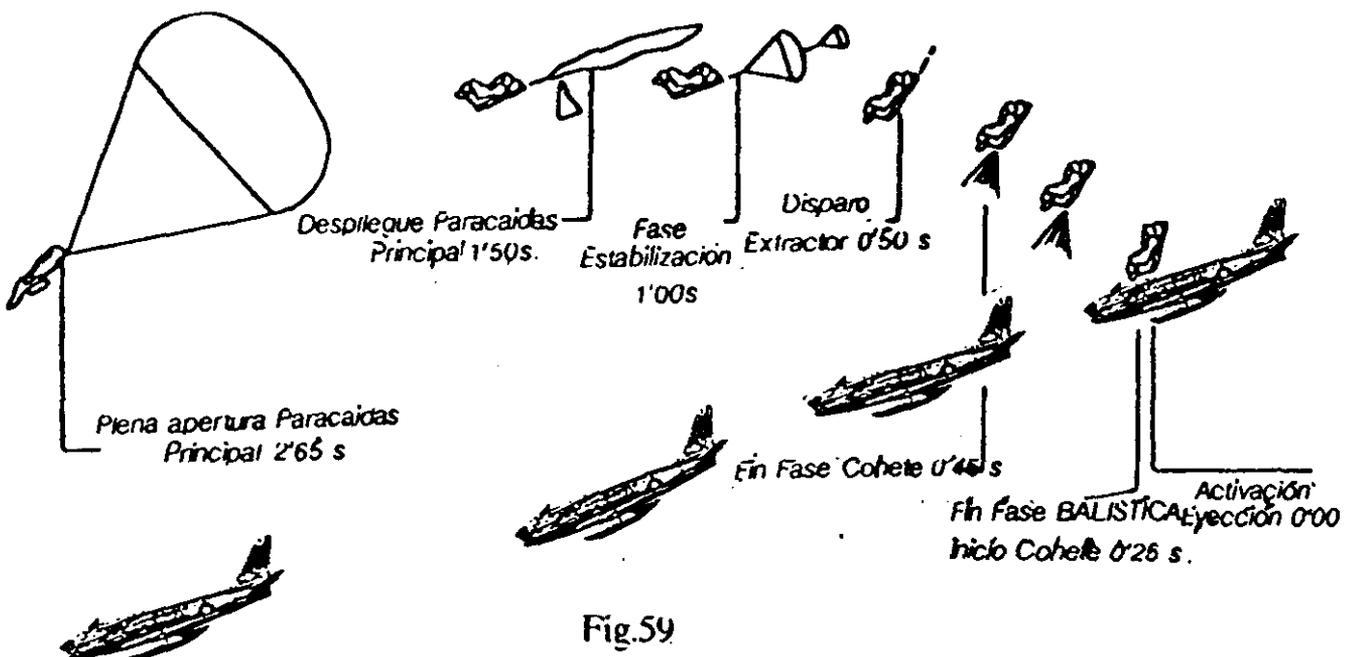


Fig.59

CUADRO RESUMEN CONDICIONES AMBIENTALES CABINA AERONAVES DE
TRANSPORTE PASAJEROS

AVION	CONFORT	FACTOR AMBIENTAL	DISCONFORT	FATIGOSO/ PENOSIDAD
Célula 22°-23°C Inferior 3°-5°C	> 18° < 23°	TEMPERATURA °C	>8° <18° >23° <35°	< 8° > 35°
+25-30 % volando en nubes	60-75	HIGROMETRIA (%)	50 a 85	< 50 > 85
7 m/min.	7-12	VELOCIDAD DEL AIRE CIRCULANTE (m/min)	15	> 20
20 - 30	30-60	CAUDAL DE AIREACION (kg aire/persona hora)	20 - 30	< 20
0 Antes final 1 vuelo	0'003-0'1	ANHIDRIDO CARBONICO (%)	0'1-0'5	>0'5
< 10 ¿fumadores bordo,núm?	< 10	MONOXIDO CARBONO (p.p.m)	25 - 50	> 85 a
§	1.200	ALTURA EN CABINA/mts.	1.500-3.000	>3.000 <5.500
6.000 12.800 §	>12.000	ALTURA REAL VUELO /mts.	12.000-9.000	9.000
Ascenso±2 Descen <3	1'5-3	VELOCIDAD ASCENSIONAL(m/s)	3-15	> 15
0'5 (2 - 3)	1'3	ACELERACIONES LINEALES (en G)	1'3- 2	> 2
< 2	2	ACELERACIONES ANGULARES (°/seg2)	2 durante 5'	> 2
60 +en nubes	60	LUMINOSIDAD (lux/persona)	>30 <50 >70 <120	< 30 >120
400-800 μ <500μ Jets	< 80 μ < 18 Hz >2500_Hz	VIBRACIONES	500μ -800μ 40 Hz -120Hz	>800 μ
90 Ligeros =65 reactor	30-60	RUIDO (dB)	65	> 85

§ Según característica aeronaves standard. SST a 18/20 kmts.

Como adicionales factores, en la variación de las condiciones de las vías respiratorias, y consecuentemente, en la facilitación de fenómenos infecciosos a bordo de aeronaves de alta ocupación de pasajeros, la norma F.A.R. # 25.831, exige que el grado de aporte de aire fresco sea del orden de 280 litros por minuto (4'7 lts por segundo), como mínimo. Así como, con un índice térmico, de $22^{\circ} \pm 2^{\circ}C$, con una higrometría deseable por encima del 60 por %, siendo la velocidad mínima de impulsión del aire circulante no inferior a 0'3 m/s (Fig. 60).

En base eminentemente informativa algunas aeronaves de las referidas características de gran aforo, como el BOEING 747, aportan de aire frío a la renovación y climatización de la cabina, un caudal de 322 litros por minuto. De los de fuselaje de gran sección como el AIRBUS 300, su índice es de 536 litros minuto, de los que 322 litros lo son de aire frío.

Las aeronaves militares por razones de avería, emergencia ó por daño irreparable, deben ser abandonadas por sus tripulantes, máxime en tiempo de acciones bélicas, al ser derribadas. Para tales situaciones, interesa tener conocimiento de las peculiaridades, que tienen lugar en orden a lesiones en el área O.R.L.

No es aquí el lugar, para exponer la variedad de sistemas en uso según características de tipo de avión. Por lo que, sólo hablaremos de la proyección hacia el exterior, a través de los llamados asientos lanzables, en aeronaves mono/biplazas, y los saltos desde multiplazas.

La resistencia dinámica que la velocidad genera al sujeto al desplazarse a mayor velocidad, es la que obliga a tener que aplicar entre 19/ 27 m. por segundo de impulso, al piloto al objeto, de que pueda abandonar la máquina, al tiempo que el impulso es continuado con aplicación de otros propulsores para que fragmentos ó estructuras de aquella puedan lesionarle.

La figura 59, muestra de forma rápida y expeditiva, el régimen secuencial, desde que se actúa sobre el cañón telescópico, y se separa mediante cohetes, con una aceleración entre + 14 a +16 Gz, que determinan 180 a 210 Gs; el disparo del extractor, la de estabilización, salida del paracaidas principal, y plena acción de aquel, todo en 2'65 segundos.(Fig.77)

La figura 58 nos patentiza, lo anterior a diferentes velocidades, desde la de 0 (1), con una salida en casi vertical a 80 mts., a las procuradas a distintos gradientes de velocidad de 500, 840 y 1.100 kmts por hora (2, 3, 4). Demostrando, la reducción del desplazamiento en altura, y el incremento en longitud.

Para nosotros, lo más destacable en ésta violenta salida de abandono de aeronave, es donde mayor atrición podemos ver en áreas nasal, oral y del pabellón auricular, por arrancamiento ó pérdida parcial del equipo, que usualmente los protege. El efecto erosivo de la resistencia aerodinámica, junto al de la baja temperatura, es completado por el impacto de aceleración, y la causa de aparición de áreas de equimosis faciales, heridas, y lesiones musculo esqueléticas.

Posibilidades, de arrancamiento, desinserciones articulares, como la temporomaxilar en nuestra área. Y en ocasiones las subsiguientes a los fenómenos de fragmentación de cúpulas de carlingas que son explosionadas, con enclavamiento en áreas pluriorificiales, nasobocales, de restos.

Está totalmente demostrada la interdependencia, entre el grado lesional observado, y la velocidad, junto a la posición en la eyección del avión. Las epistaxis, edemas periorbitarios, y equimosis, observados en algunos casos, nos sumen en la duda, de que grado de atrición habrán sufrido, las zonas sensoriales del oído interno. En los casos vistos, las lesiones cervicales, con signos radiológicos de fractura vertebrales son el 35 al 50 por % de ellas las que predominan; en numerosas ocasiones éstas son totalmente asintomáticas.

Hematotimpanos, signos de aerotitis, como ocasional miringotomía traumática, se han visto sólo en tres tripulantes de los 11 episodios habidos, en el último lustro.

Brevemente, debemos hacer referencia, a las fuertes rotaciones, que en el momento de salida puede experimentar, tanto fijo ó liberado del sillón eyectable. La elevada velocidad angular, ha determinado en algunos sujetos, pérdidas de conocimiento, que asociadas a pérdida del equipo, mascarilla de oxígeno por ejemplo, a llevado al fracaso del salvamento intentado.

La Luftwaffe de la anterior RFA, tenía contabilizada un 80 por % de eyecciones sobre tierra, de ellas el 86 por % eficaces, y un 20 por % sobre agua, con 64 por % de éxito. Como dato complementador, de las causas de accidentes en reactores con fallecimiento, se aducen:

- 70 % no realizaron eyección del asiento (¿ LOC ?)#
- 17 % aeronave en maniobra descontrolada.
- 2 % fallo del asiento eyectable.
- 11 % otras causas.

De abandonar la aeronave el piloto a 15.250 mts, con una temperatura exterior de -55°C, en caída libre tardara unos 6 minutos en llegar a nivel del mar pasando por una velocidad

de 448 kmts (33 G) de aceleración, a 6.100 mtrs sería su velocidad de 220 kmts (9'5 G), a los 25/32 kmts hora, de abrir finalmente su paracaídas.

Fácil es de comprender las lesiones causadas por la baja temperatura, y las erosiones por fricción dinámica, aún portando equipo como el presentado en la fig. 28 B, con casco cerrado de vuelo de altura, unidad de oxígeno a alta presión (18.000 psi) auxiliar, con una capacidad que va desde los 737 cm³ de O₂ del A-4, a los 1.693 cm³ de capacidad del Phantom F-4. Estando preestablecido, que en una eyección a 18.290 mts (60.000'), la capacidad requerida de O₂ es de 1.880 cm³, para asegurar el descenso, y 5'a nivel del mar.

Desde el punto O.R.L., se nos presenta una particular forma de perturbación, que según su intensidad, tiempo de exposición, y espectro frecuencial que la integre, puede ser de elevado riesgo lesivo.

Nos referimos al ruido dentro de las cabinas, y en éste apartado sólo al generado durante el vuelo. El habido en pruebas de equipos (motores/turbinas ó hélices), como por las maniobras de aeropuerto, etc., será más adelante en el llamado ruido aeronáutico, debidamente tratado. Así también, lo será el trauma sonoro resultante a tal exposición ambiental, y profesional.

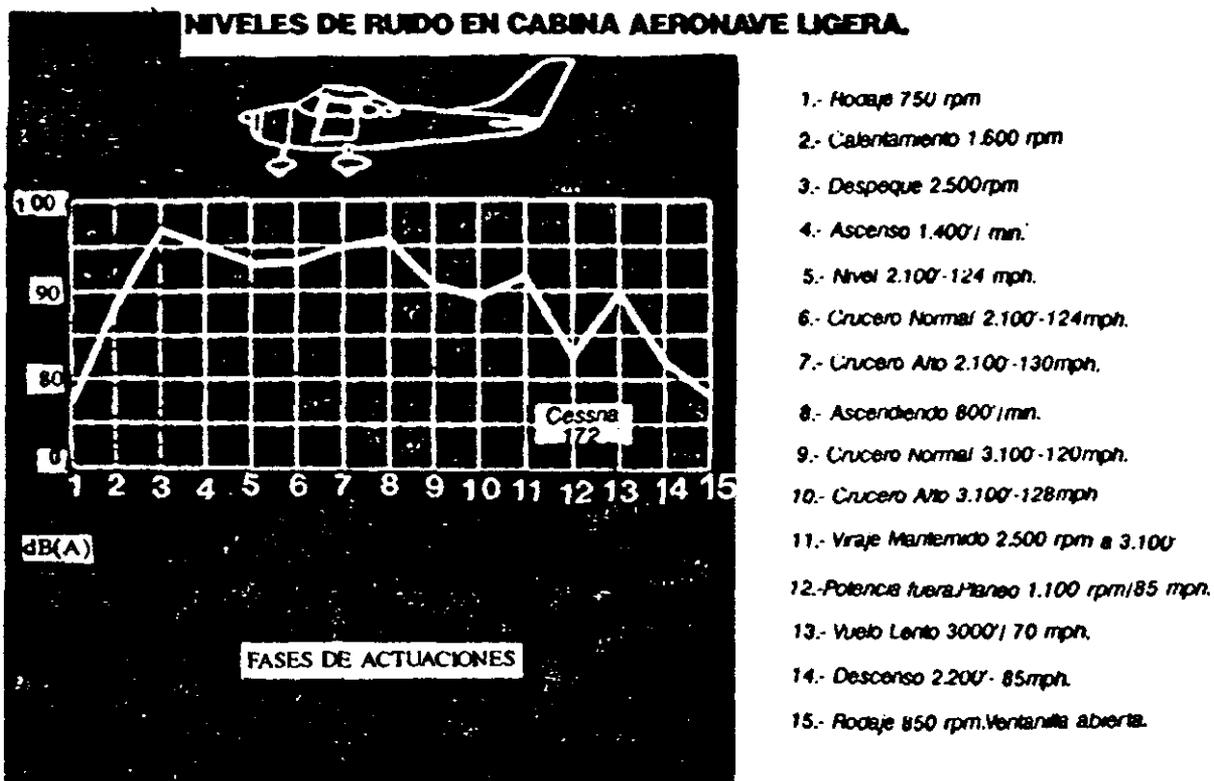


Fig.61

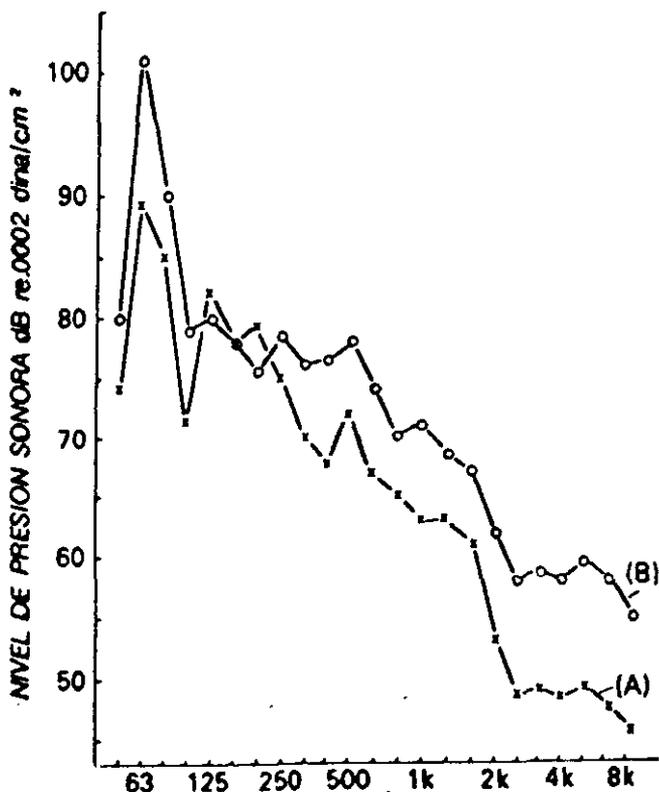


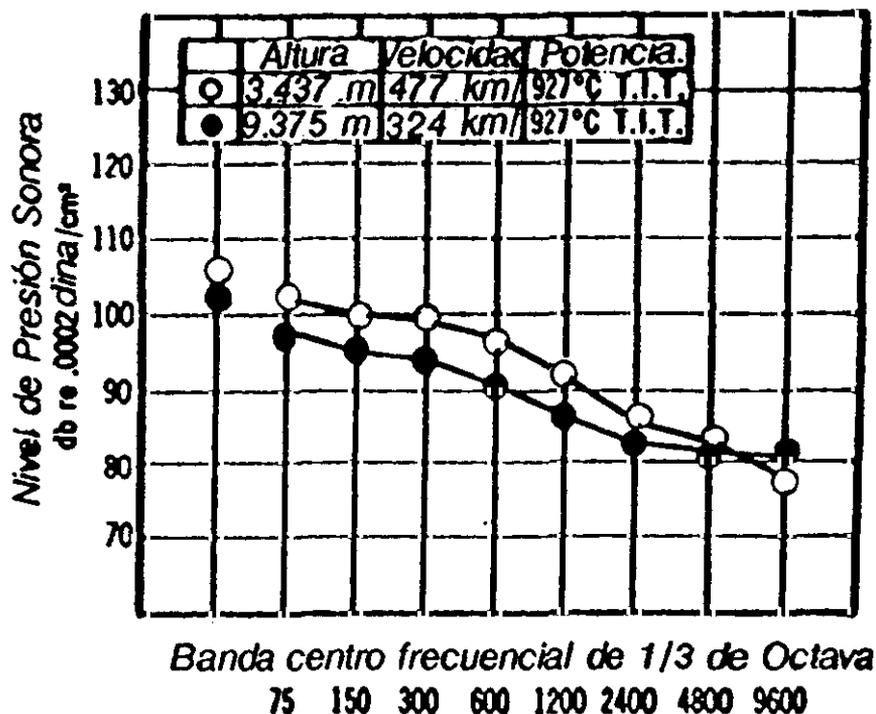
Fig.62 Banda centro frecuencial de 1/3 de Octava (Hz)

Las fuentes del ruido aeronáutico observado, en las cabinas de las aeronaves, tienen unas implicaciones, muy diferenciadas, según se trate de aviones de ala fija, ó helicópteros ó aeronaves de ala rotatoria.

Aquí, vamos a referirnos, al que es generado por los sistemas impulsores, ya sean motor de émbolo (convencional), turbina y hélice (turbohélices), ó de reacción. Por los diferentes equipos hidráulicos, de climatización y presurización de cabina. Como los equipos de radio-comunicaciones, incluido el ruido de estática. Y finalmente, el aerodinámico procurado por las condiciones de fricción con el medio donde se desplaza.

Comenzamos, con las aeronaves convencionales, desde las más ligeras, hasta las de transporte, donde por la longitud del fuselaje, es dado hablar de la cabina de vuelo ó pilotaje, de la del pasaje.

Fig.63



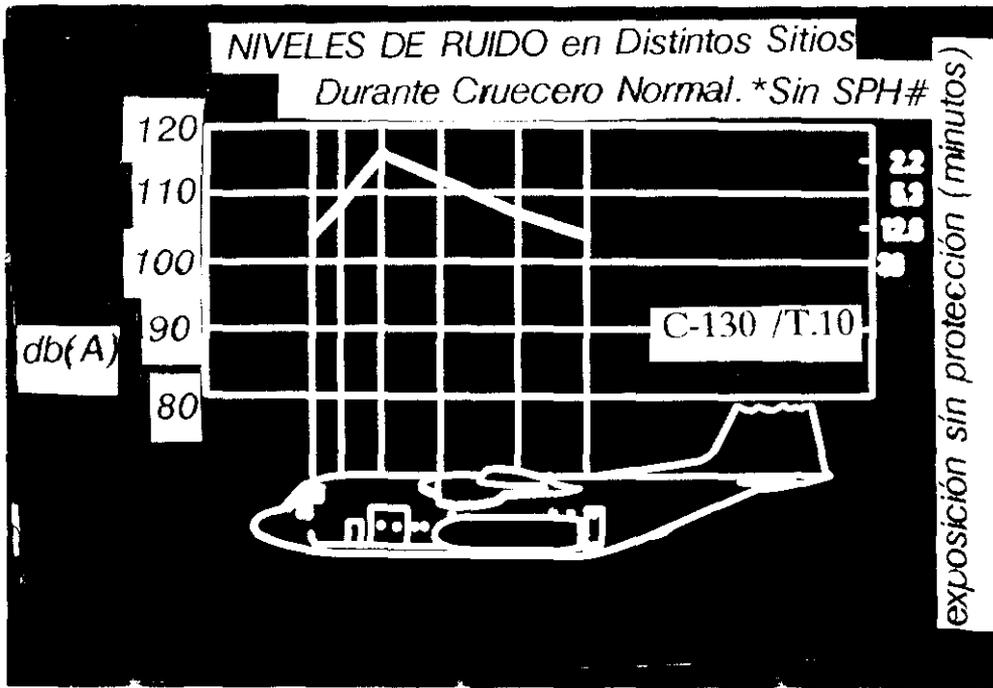


Fig. 64

En ambas aéreas es característica la porción de bajas frecuencias emanadas por la punta de las palas de las hélices girando, generalmente inferiores a 100 cps, y rico en las más altas frecuencias armónicas. Denominasele a éste tipo de discontinuo ó de espectro armónico lineal. Totalmente contrapuesto al generado por la acción aerodinámica, el cual es en todas sus frecuencias de banda ancha.

Los ruidos resultantes de los tubos de escape, de los motores, con los resonantes del fuselaje, son en características parecidos a los antedicho, pero con menos intensidad.

Al ruido aerodinámico en éste tipo de aeronaves tiene menos notoriedad por su menor intensidad, dentro del ruido existente en la fase de vuelo.

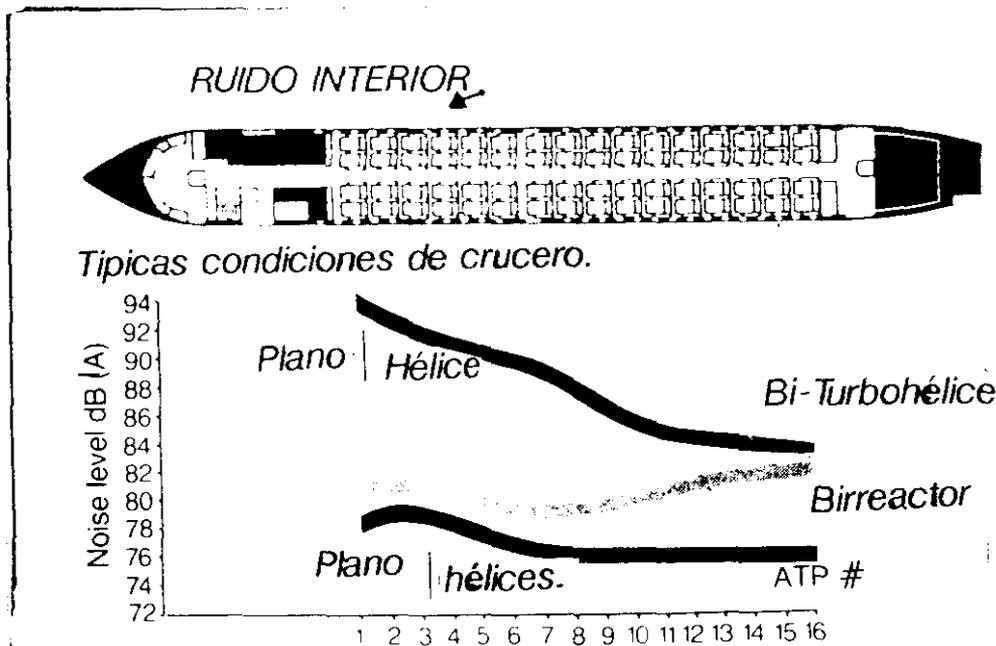


Fig. 65

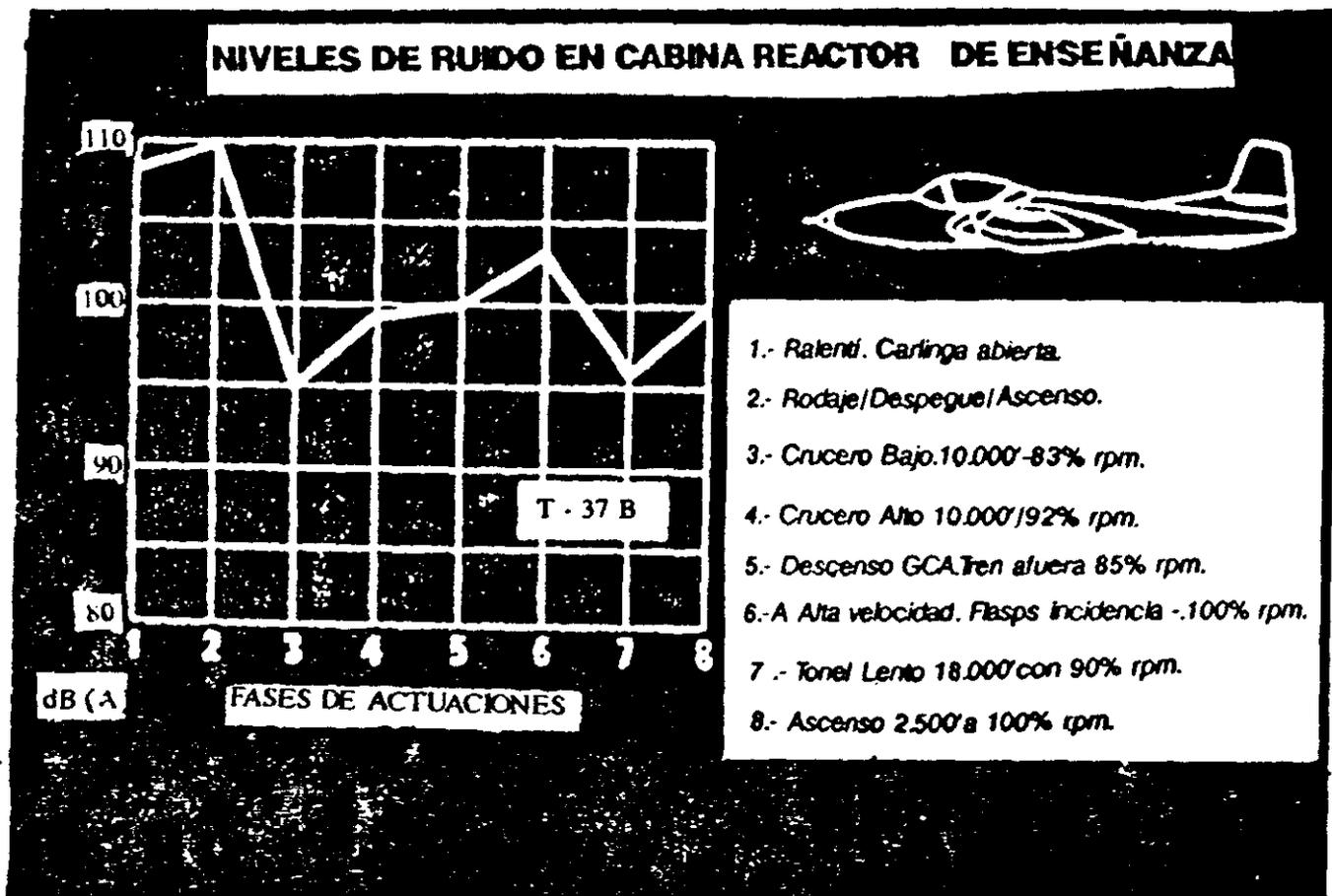


Fig.66

Los niveles, varían con el tipo, potencia y régimen de motor utilizado. El ejemplo operativo presentado en la figura 61, permite en una aeronave ligera, conocer en sus distintas actuaciones, cuales son las más hipersonoras, llegando a los 96 / 98 dB en despegue, 95 dB en ascenso, y siendo de 85 dB cuando se corta potencia, y de 92 dB en la de crucero.

En la figura 62, se nos muestran las diferencias que en el espectro frecuencial sonoro existen, entre un avión de motor ó motores de pistón, curva B (o), y los que genera, un turbohélice (x) de características semejantes. Puede decirse, que en casi todas ellas, existe una notable reducción, con más de 12 db en las altas frecuencias (4 y 8 Khz).

Por lo anterior, se ha dicho que los aviones de motor convencional, operan en una gama de 90 a 130 dB, siendo muy ruidosos en comprobación prevuelo, despegue, y ascenso. Se aminora, su efecto sonoro, al reducir potencia, reduciéndose como mucho entre 10 a 15 dB de ruido. Logicamente, el número de motores, su ubicación, desde alineado con el fuselaje, en el caso de los monomotores, a la altura de la cabina de pilotaje en bimotores, ó más ó menos distal de aquella en los, teratramotores, tuvo en pasadas épocas, con la fórmula trimotor, su mayor nivel sonoro.

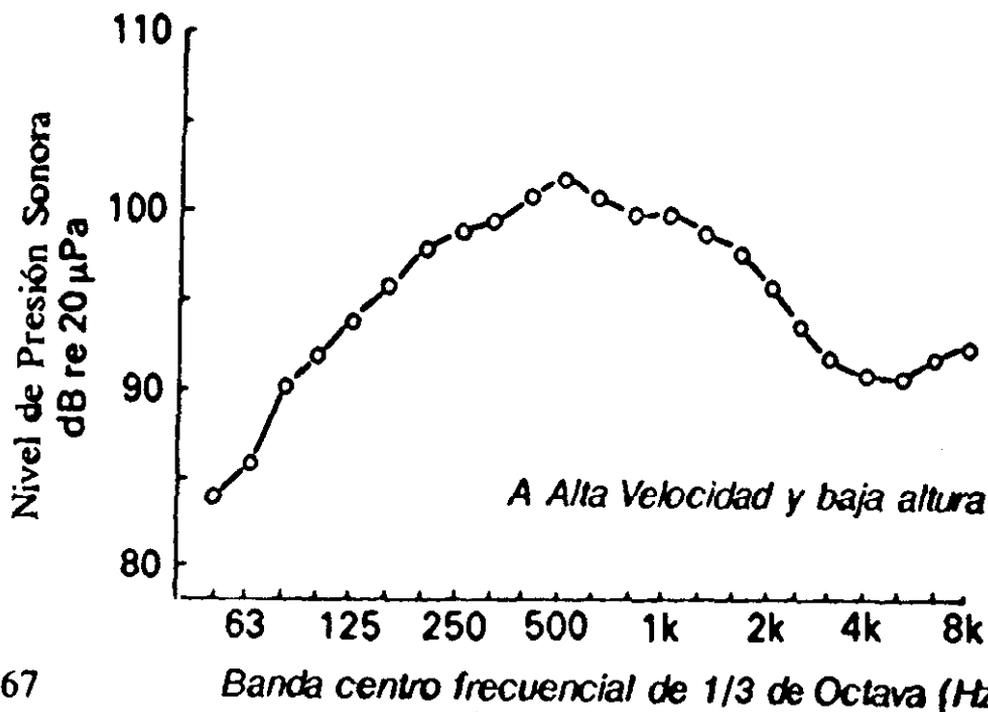


Fig.67

Banda centro frecuencial de 1/3 de Octava (Hz)

En el caso de los turbohélices, sus características sonoras espectrales, están en la energía emanada de las bajas frecuencias de las puntas de las hélices, junto a las de las altas frecuencias de las turbinas. En la figura 63 se demuestra que al ser menor la densidad del aire, el efecto sonoro de los sistemas impulsores, se atenúa el ruido en la cabina, como lo prueban el vuelo con igual potencia, a 9.375 mts con el realizado a 3.437 mts.

La figura 64 refiere los puntos de máxima incidencia sonora como son el plano donde las hélices alcanzan al fuselaje, así como se ha observado en ellas, en zonas del fuselaje, que la rumorosidad es muy parecida pero con la significación de que las frecuencias al ser más bajas, no interfieren en grado tan notorio como las de las puntas de las hélices, no generándose

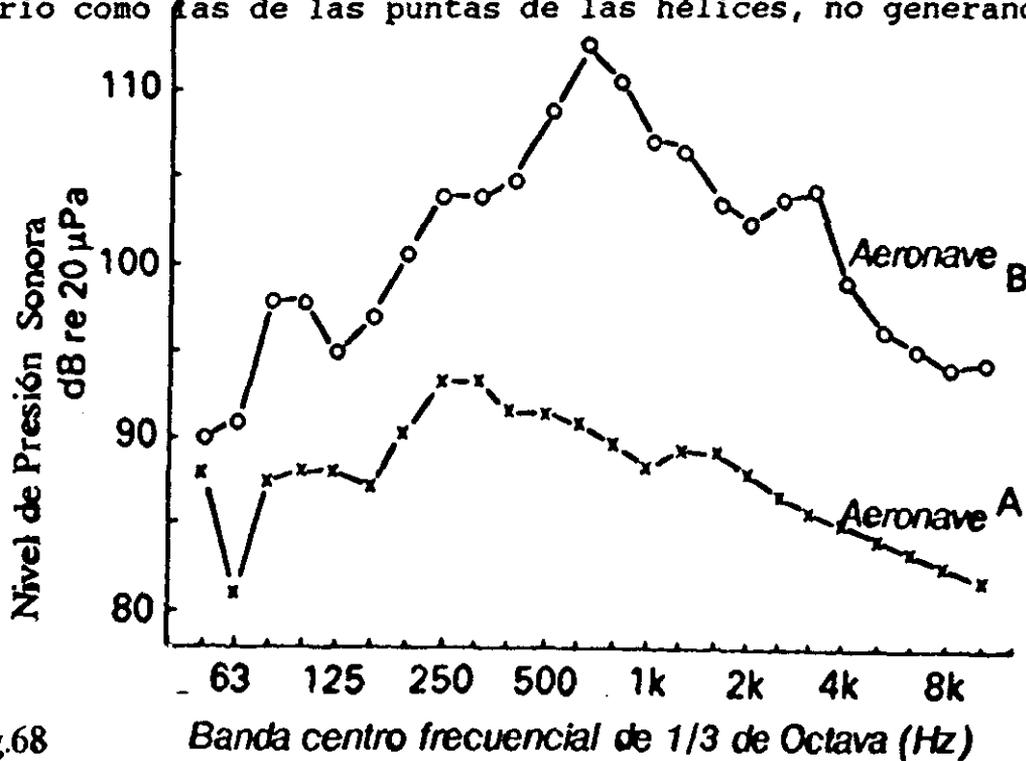


Fig.68

Banda centro frecuencial de 1/3 de Octava (Hz)

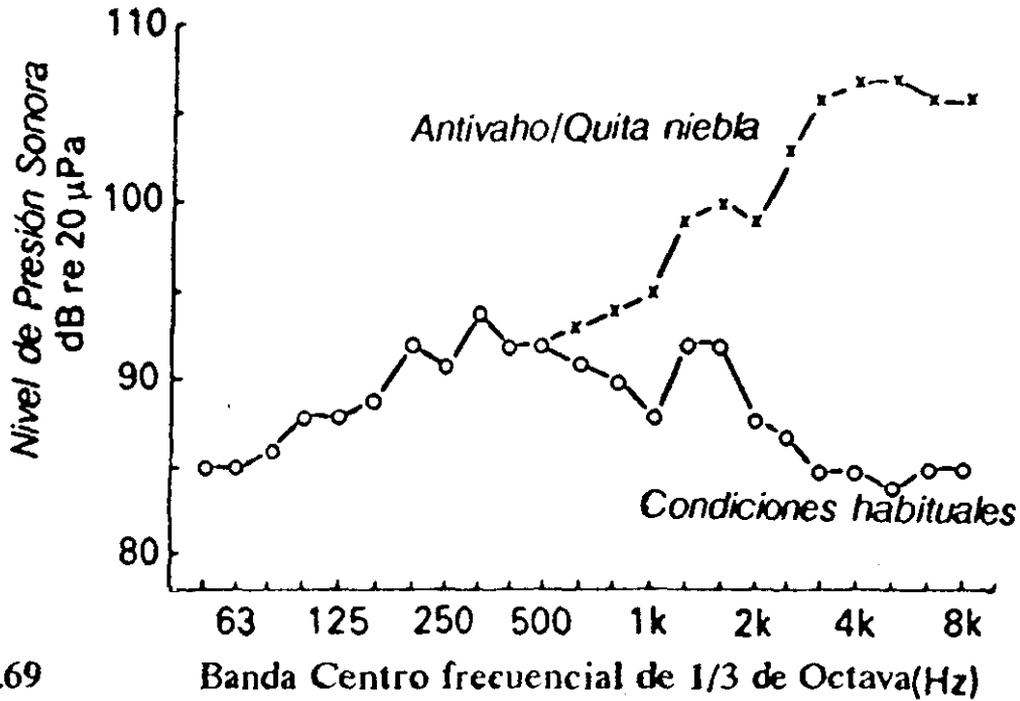


Fig.69

fatiga acústica.

Las aeronaves propulsadas por turboreactores en vuelo, tienen dos fuentes generadoras de ruido para la cabina, de primer orden, el de los motores y el aerodinámico. El espectro sonoro de ambas fuentes es muy semejante, al tratarse de ruido continuo, donde cada frecuencia del espectro audible está representada, pero con poca variación de la intensidad con la frecuencia, (Fig.67).

Este ruido, es referido como ruido blanco, y está caracterizado como semejar a un ruido de viento fuerte sostenido. Las altas frecuencias generadas por el motor son casi inaudi-

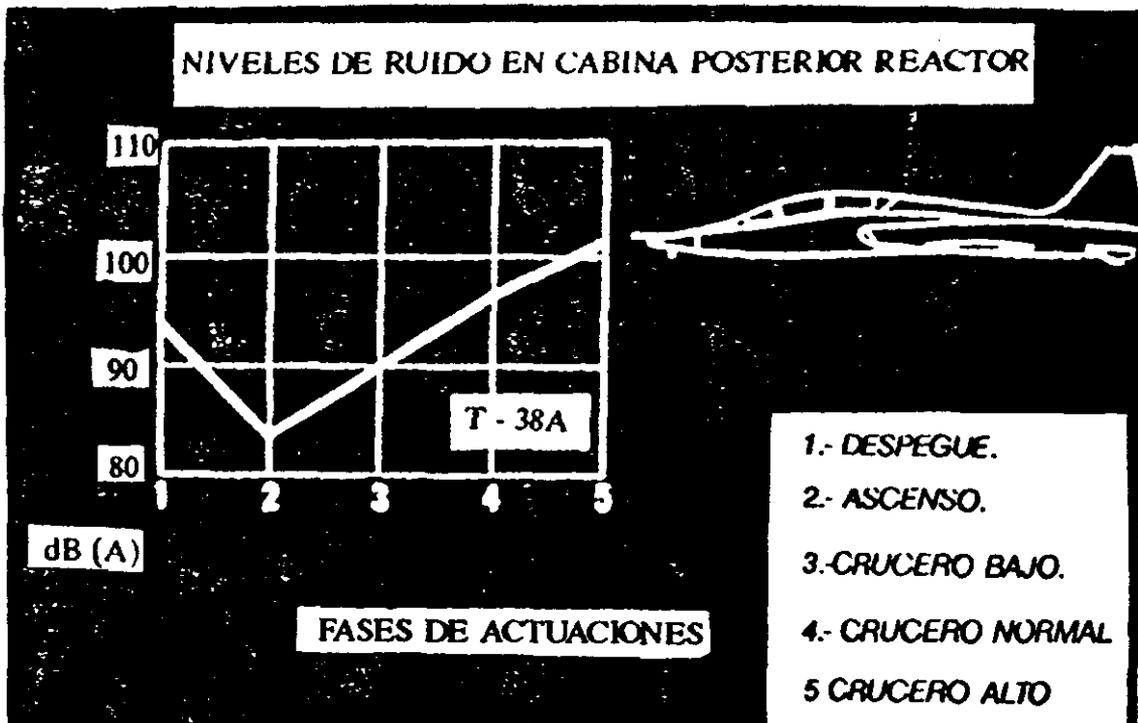


Fig. 70

NIVELES DE RUIDO EN CABINA POSTERIOR CAZA

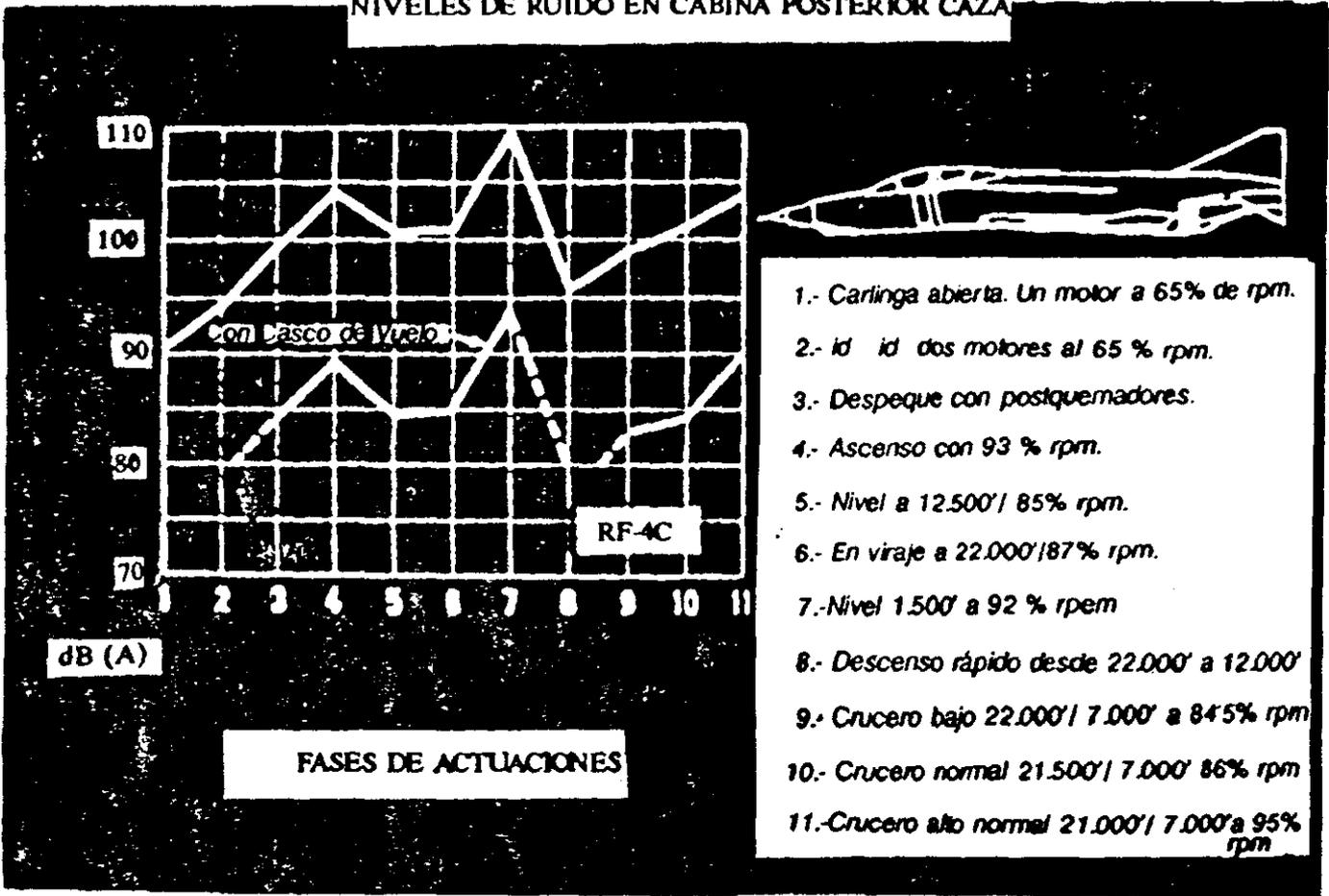


Fig.71

bles en vuelo, siendo ampliamente excedidas por las generadas por el ruido blanco aerodinámico.

¿ Cual es la razón por la cual la voz en un reactor volando es más elevada que en otros viejos modelos?. El ruido aerodinámico alcanza muy elevados niveles. Tanto en monomotores, como en polimotores, se incrementa con la velocidad, las figuras 67, (espectrograma frecuencial de un caza reactor volando a 78 mts del suelo

y a una velocidad de 800 kmts/h (0'8 Mach); 68 (de un reactor en vuelo "tranquilo" (A), con uno, realizando energicas maniobras (B); nos evidencian tal situación.

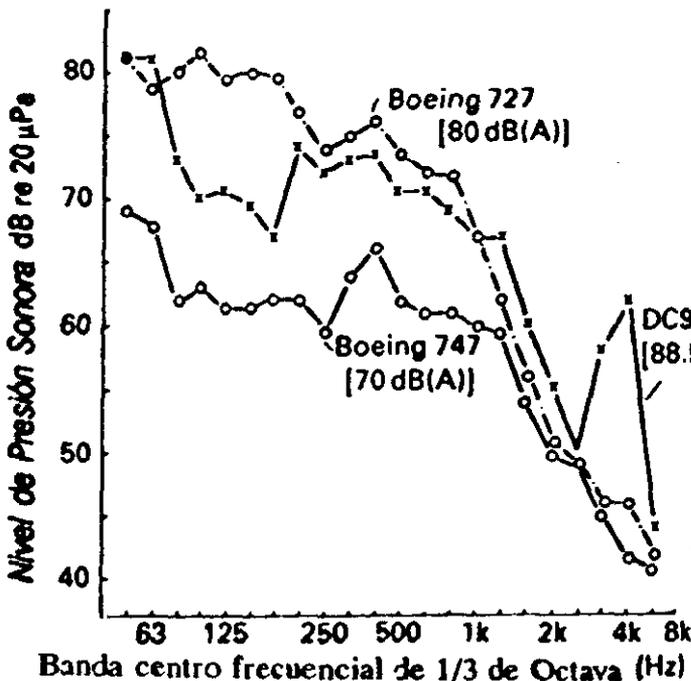
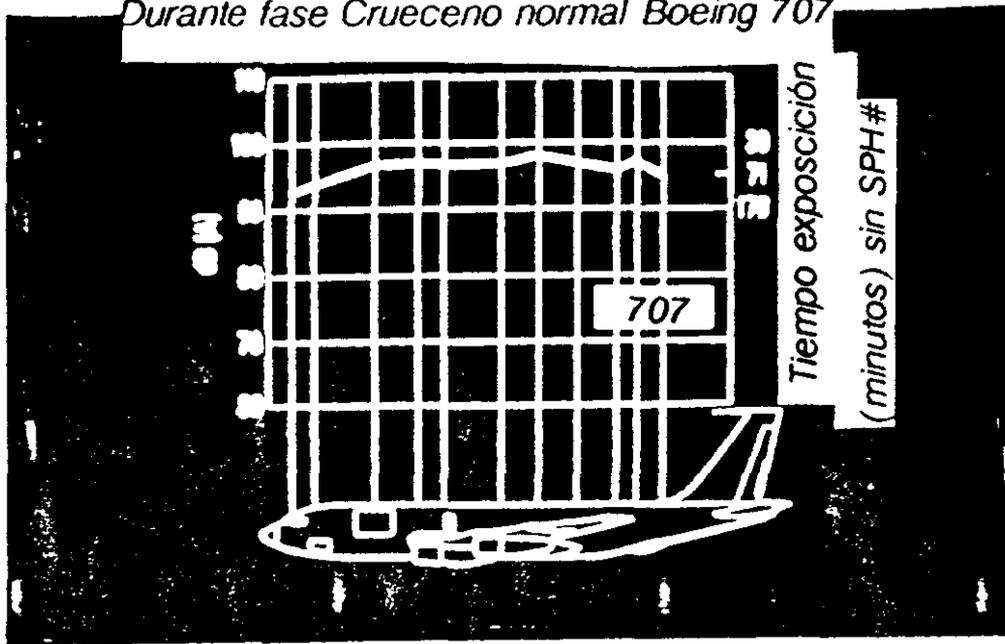


Fig.72

Las necesidades del vuelo a muy baja altitud, y elevada velocidad para neutralizar la amenaza de la precoz detección radárica por el oponente, ha obligado a éste tipo de vuelo, lo que ha

NIVELES DE RUIDEO EN DISTINTOS PUNTOS de la AERONAVE
Durante fase Crucero normal Boeing 707

Fig. 75



incrementado notablemente la intensidad sonora de las cabinas, que se desenvuelve entre los 115 y 120 dB, para sus tripulaciones.

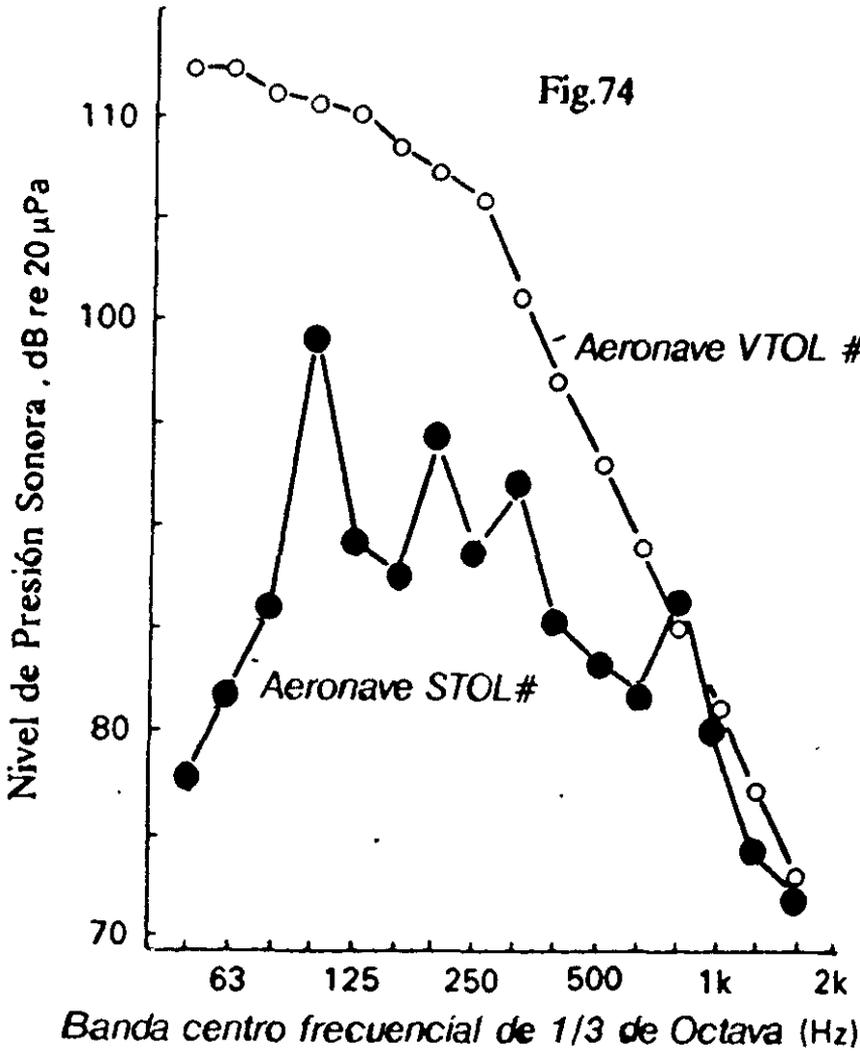
¿ Cuales son los elementos generadores de dicho ruido aerodinámico?. Preferentemente, la disposición de menor ó mayor penetración del fuselaje y la inserción de la cabina, amén de la forma, de aquella, y de las diversas superficies adicionales que incorpore, antenas de la aviónica, superficies canard, toma de reabastecimiento en vuelo, etc.

Pero, desde el interior de la cabina, existen otras fuentes del incremento del ruido interior de cabina, como lo son, los sistemas de climatización, los de antivaho, (fig. 69) los de presurización, hidráulicos, y los de comunicaciones a bordo.

Las mediciones realizadas en turboreactores, como en el T - 37B de escuela, muestran las intensidades entre 100 y 110 dB, en sus diversas actuaciones, (fig 66). Solamente en régimen del 83 por $\%$ de potencia, se generan en crucero 95 dB, y 96 dB, en 90 por $\%$ de aquella, durante la realización de un tonel lento.

A diferencias de los aviones propulsados por el sistema convencional, motor de explosión ó de pistón, donde el espectro frecuencial, muestra mayor participación de las bajas frecuencias en su elevada intensidad, (fig.62). Los motores reactores, son tan elevados en las frecuencias, que podríamos casi decir, pantonal en sus incrementos de las bajas y altas, fig. 67.

Como dato adicional, en la cabina de algunos polimotores militares, reactores, con niveles de 92 a 98 dB de NPS, el puesto donde vá el navegante, llega a alcanzar los 110 db, con la circunstancia, de que durante los despegues, en máxima potencia, sus valores respectivos son incrementables en 10 dB



En algunos polimotores, bombarderos, como el B-52, la gama de su espectro fluctúa desde los 86 dB, en rodaje, a los 100 durante el ascenso, mientras que en la sección de cola, el ametrallador, situado en ella, se "ambienta" con 108 dB, valor resultante, del ruido de los motores, del de expulsión de gases, más el de mayor fricción del fuselaje en razón de la longitud de aquel. Algo parecido sucede con el puesto del tripulante de maniobra de repostado en vuelo, con su ubicación en cola, en cuanto a nivel sonoro.

Hemos de recordar sobre los niveles de presión sonora medidos en la cabina de pilotaje, que la intensidad alcanzada en el oído por el ruido, es menor en 10 dB por el tipo de SPH # ó casco de vuelo utilizado. Muy importante éste hecho para, cuando más adelante, hablemos de umbrales de: "Límite de Detección 100 por %", del de Detección 100 por %, y del Auditivo Calculado

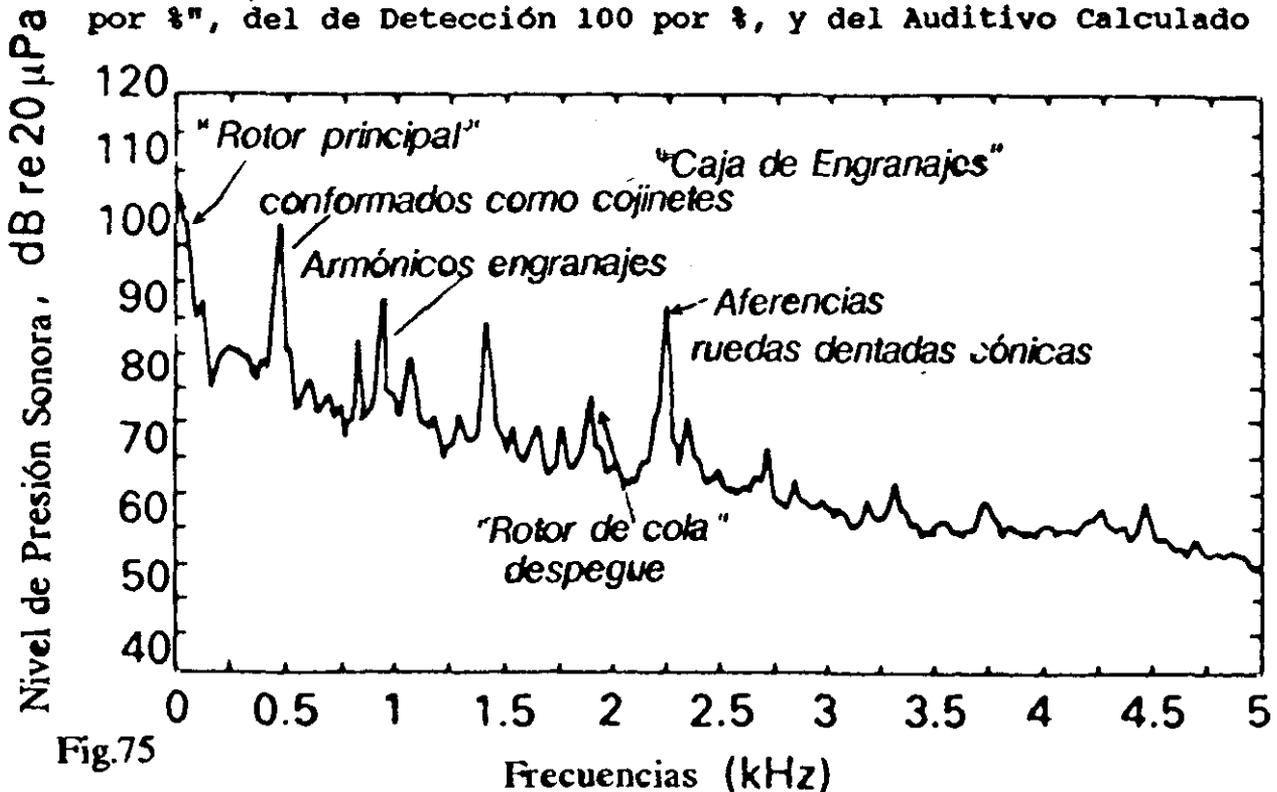


Fig. 75

(Fig.76).

Otro punto en el que se debe hacer un particular hincapie, es, el referente a que las señales radiotransmitidas y recepcionadas en cabina, sean intensas, con lo que se incrementa el ruido en aquella para el aviador. No lo es, en igual grado para los fonemas ó para señales en tono puro frecuencial en 1020 cps.

En la mayoría de las condiciones, la intensidad requerida por la señal, es apreciablemente, inferior del ruido general de cabina, y no sumable significativamente al total.

El ruido espectral continuo de la estática en el reactor, varía rápidamente con el tiempo, pero momentaneamente puede llegar a ser elevada. El problema se hace más notorio, cuando para adecuar la percepción y su mantenimiento, la señal a recibir será más alta que el ambiente ruidoso existente. Muy interesante, cuando proximately hablemos del espectro frecuencial en los helicópteros, donde se produce en el puesto del sonarista, el riesgo del enmascaramiento.

Los niveles de ruido en cabina posterior en un reactor operacional, bien de entrenamiento avanzado, ó de uso táctico como el T- 38A (Fig. 70), son mucho más reducidos, que los obtenidos en la Fig. 66, en razón del mejor sellado, ó aislamiento acústico, siendo su máximo, sólo en régimen de cruce-ro alto de 102 dB, en tanto que en despegue, ascenso y cruce-

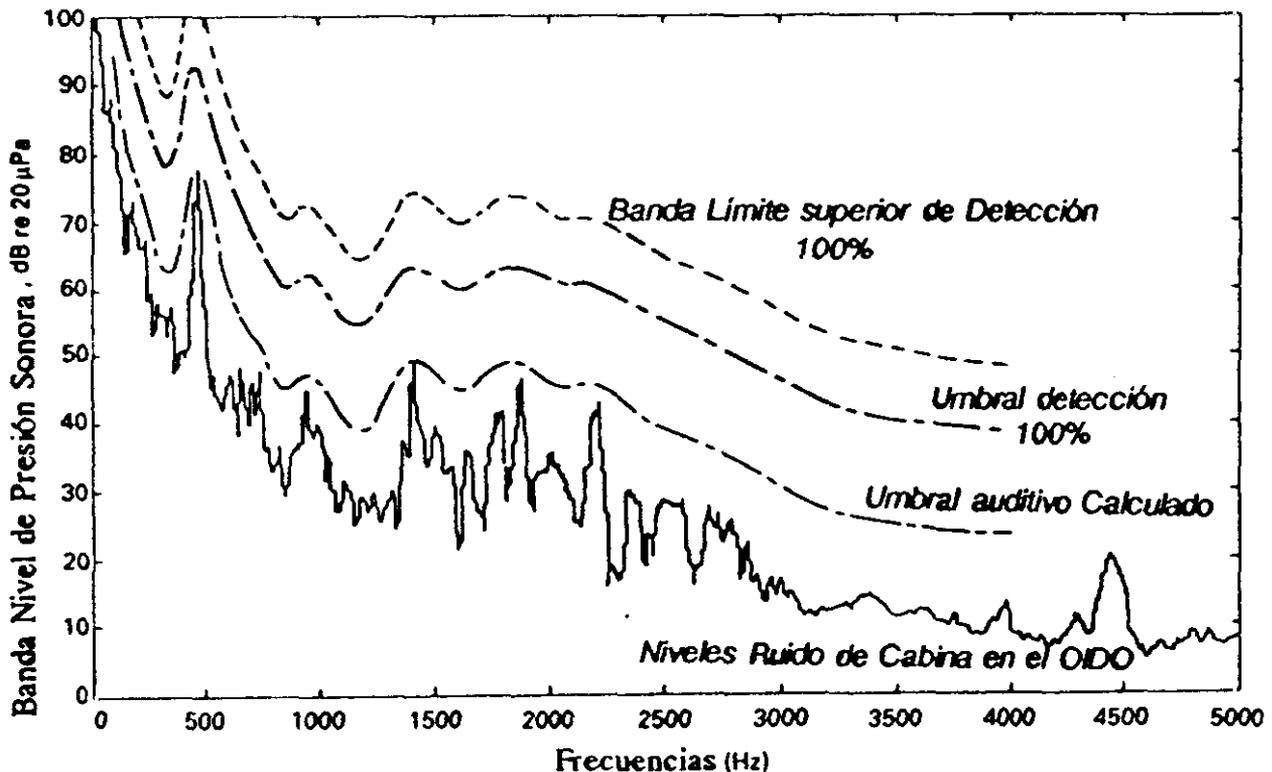


Fig. 76

Fig. 77



ro normal, está muy por debajo del reactor básico de enseñanza.

En relación, al nivel registrado en reactor de caza/reconocimiento, como el el RF-4C Phantom de la figura 71 en su asiento posterior. Podemos comprobar, varios hechos, los índices, en tierra con carlinga abierta con uno ó los dos motores en marcha, su máxima rumurosidad ambiental es de 110 a un régimen de 92 por % de su potencia, y a una altura de 468 mts, (lógicamente acorde a la mayor potencia aplicada y a la menor altura, como es normativo), y de 105 dB en ascenso con el 93% de r.p.m. fase 4 de dicha figura 71.

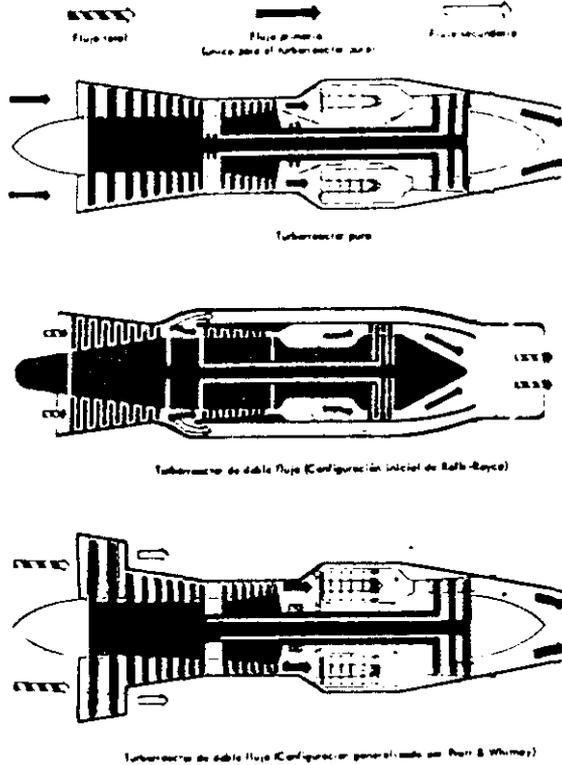
Pero lo más ilustrativo de ella, es la significativa diferencia que el uso del

SPH#, ó casco de vuelo, procura de protección y de aislamiento al ruido de cabina, en el tripulante. Existiendo, una total correlación multifrecuencial espectral, de atenuación, en un promedio estimable, de unos 20 dB., siempre en cabina posterior (Fig.71). LIENHART* & COLABRS, en el Mirage F1



Fig.78

Fig. 79



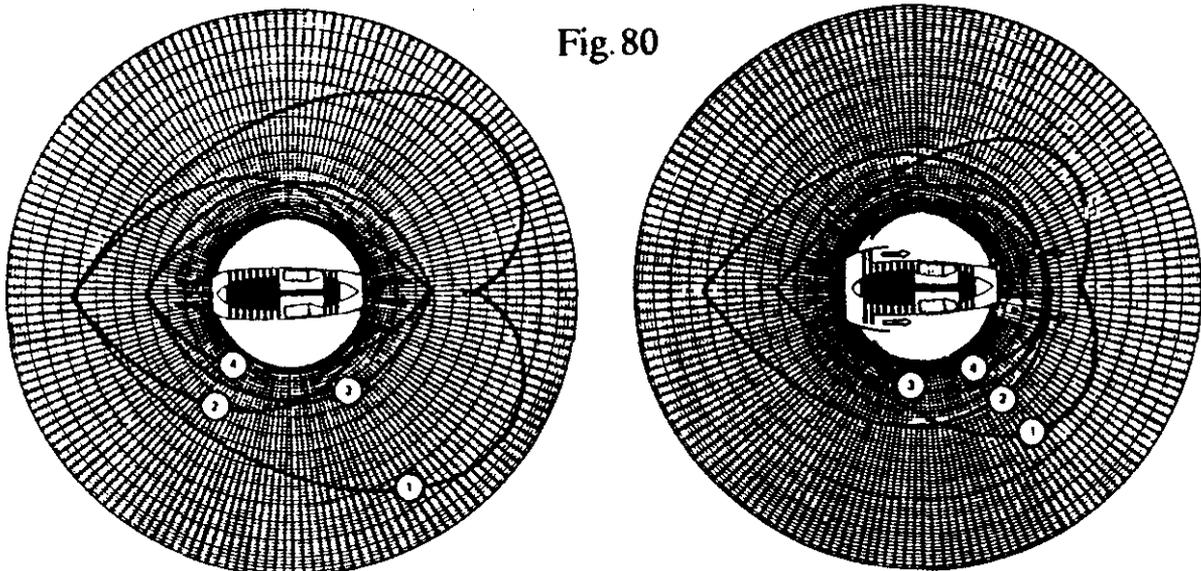
hicieron determinaciones, (avión monoplaza), fig .39 ,del orden de 103 dB en 45' de vuelo, que descendían a 93 dB a la hora y 15', del mismo.

Como ya anteriormente, se citó, existen aeronaves de modalidad STOL #, caracterizadas por poder despegar y aterrizar en poca pista e incluso en área de terreno no preparada, lo que ha procurado, un elevado desarrollo, dada su alta rentabilidad, en lo que se llama aviación doméstica ó de tercer nivel.

Dicha capacidad la alcanzan utilizando generalmente, motores turbohélice, en combinación con alas de elevado factor de carga, flaps especiales slots, etc. Lo cual explica su elevado nivel sonoro operacional en las cabinas, de pilotaje y del pasaje.

Así mismo, destacamos la operatibilidad, de aviones tipo VTOL #, los cuales pueden hacer despegues y aterrizajes verticales. Siendo los de toberas direccionables, los actualmente en uso, como el Harrier (fig. 51).

Fig. 80



TURBORREACTOR PURO

- 1.—Escape
- 2.—Compresor

TURBOFAN

- 3.—Combustión
- 4.—Sombra.

Martín Cuesta *

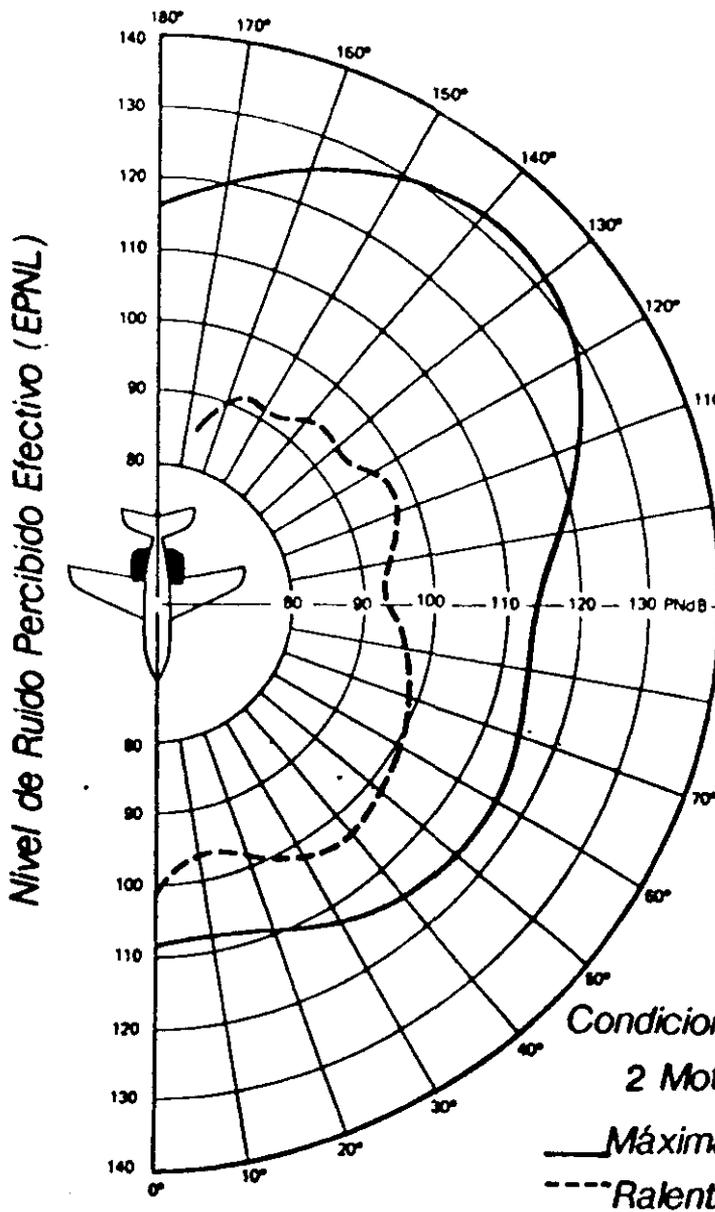
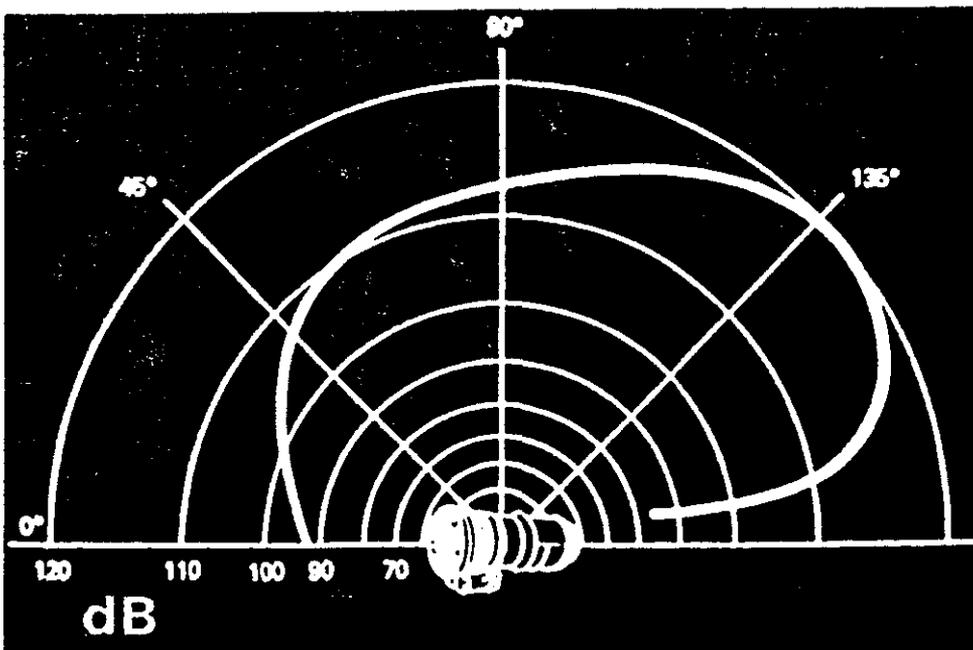


Fig. 81
Diagrama del Ruido Circundante

Como exponente de la rumurosidad debida, a cada uno de los anteriores, la fig.74, permite significar, la gran diferencia existente en el espectro frecuencial del ruido generado en su funcionamiento. En las bajas frecuencias, (63 y 125 Hz), dicho grado alcanza 30 dB, para en las mediodfrecuenciales, variar entre 20-30 dB.

Cuando se habló anteriormente, sobre las aeronaves VTOL, ya se dejó dicho, que su agresividad para el oido, era de notoria intensidad en las maniobras de sobrelevación sobre, el suelo y en el transito del vuelo, horizontal, a la detención e inicio de hacer contacto final, por la gran potencia de motor, requerida, y asociada, a la rotación de sus toberas, generando alta reflexión sonora sobre el suelo, y áreas adyacentes.

Del mismo modo, que de las aeronaves de ala fija, tanto de motor convencional, como de reactor, hemos significado las diferencias de ellos, es su espectro frecuencial del ruido generado en la cabina. Ahora,



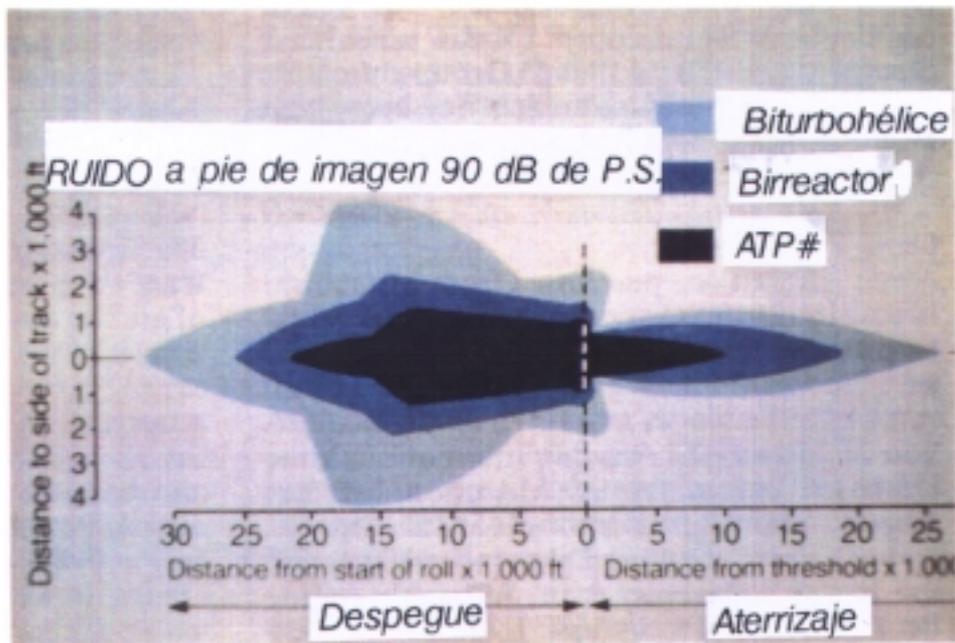


Fig.82

completando lo expuesto del helicóptero, sobre las normas de fabricación y de utilización establecidas, para operaciones civiles y militares, por las autoridades respectivas (FAA, y la MIL-8806A de la fig.44).

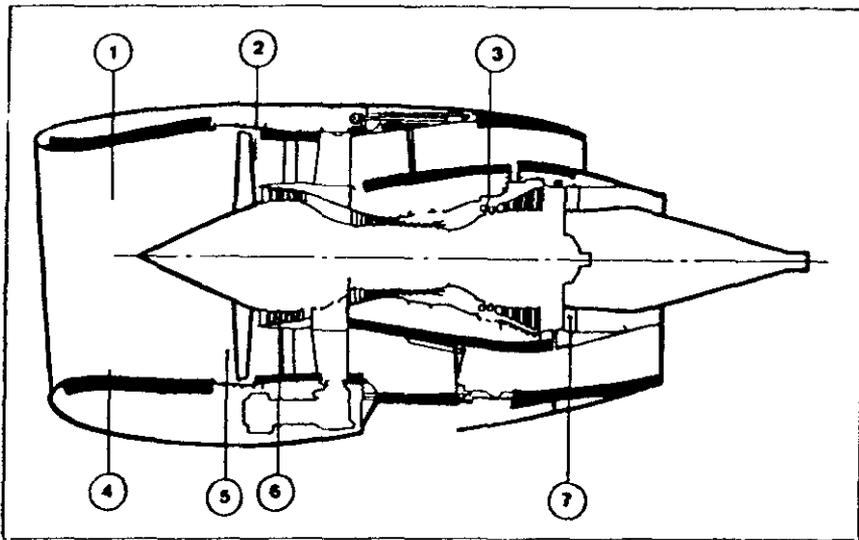
Destacamos, que dentro de su ruido continuo, se generan puntas, observables en la gráfica de la figura 75, de ocasionales bandas estrechas procuradas por el rotor principal, el rotor de cola, y dentro de la caja de engranajes, con la diferenciación de los actuantes como cojinetes, de los procurados por las ruedas dentadas cónicas, junto a los armónicos también producidos en ellos.

Como siempre, la variación en la potencia aplicada conlleva una oscilación notable en el ruido en cabina, particularmente por la caja de transmisiones, ubicada sobre aquella, de proximidad extrema, en los 400-600 cps.

El número de rotores principales, único, como el caso del LYNX, PUMA, ALOUTTE, la velocidad de giro asociada al número de palas que lo integran, son causa de su mayor sonoridad, evaluándose en estos helicópteros monorrotos en 20 Hz hasta 105 dB. En los birrotos como el CH-47 A/C(CHINOOK) (fig.49), los niveles en las referidas frecuencias bajas, de 12-31'5 -63 Hz, alcanzan hasta los 120 dB (fig. 46) a pesar de tener un número menor de palas sus rotores, que otros modelos birrotos.

Importancia esencial tiene, en éste tipo de aeronaves las dedicadas a misión de detección con equipos tipo sonar, cuando se produce en ellos, el llamado fenómeno de emascaramiento, un tanto comparable al masking, en la exploración de la agudeza acústica, todo ello generado por los enclavamientos

Fig. 83



Paneles antiacústicos ■■■■■■

1. Difusor de admisión, sin álabes guía.
2. Espacio rotor/estátor, grande.
3. Elevado número de álabes de los rotores de turbinas.
4. Aerodinámica del difusor de admisión, para flujo laminar.
5. Fan de pocos álabes, de cuerda ancha.
6. Espacio rotor/estátor, pequeño.
7. Velocidad de salida del flujo primario, no muy alta.

RUMUROSIDAD INTERIOR DE HELICOPTEROS MONORROTORES EN VUELO
Colins*

Tipo	Puesto de Pilotaje	Resto de cabina
Alouette III	97 a 102	
Lynx	98	102 a 109 Estacionario 104 a 111 Seguimiento
Puma S.A.330	99	105

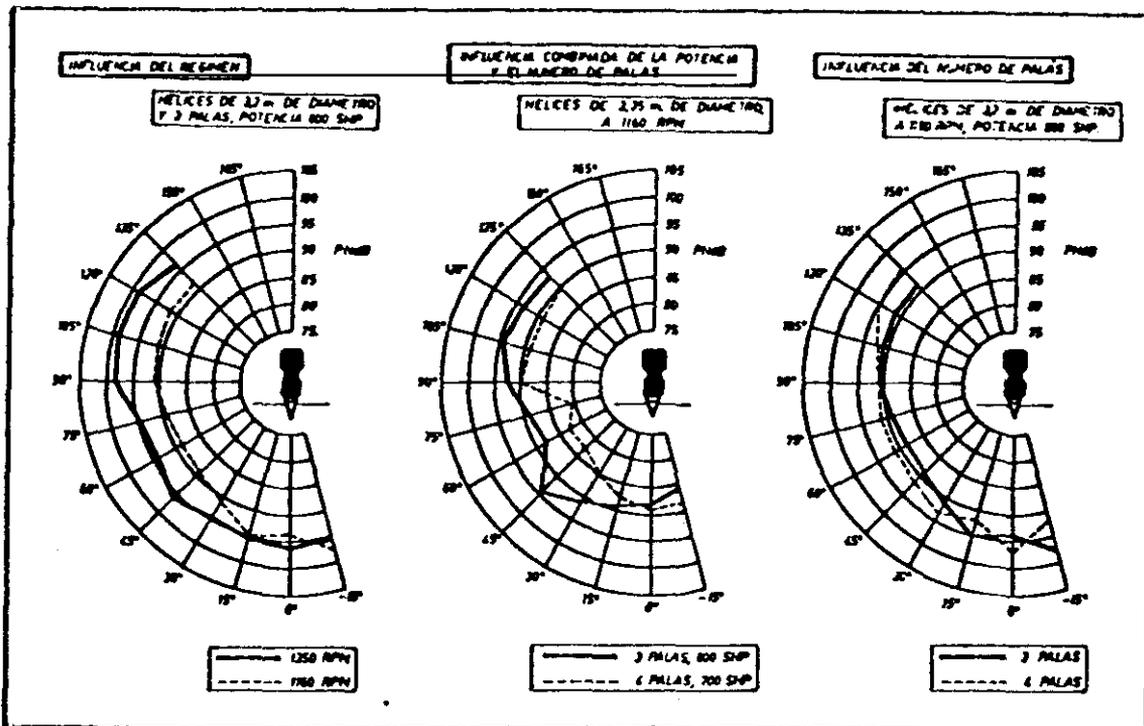


Fig. 84

EPNL# DE RUIDO EMITIDO POR AERONAVES COMERCIALES

Martinez Cabeza *

Fig. 85

AVION	PESO MAXIMO DE DESPEGUE	EPNdB ADMISIBLES * AL DESPEGUE (aprox.)	EPNdB PRODUCIDOS * AL DESPEGUE
DC-8, Series 50.	148.780 kg.	103	115
Boeing 707-320B/C.	151.320 kg.	103,3	114
DC-8, Series 61.	158.760 kg.	104	112
Super VC-10.	151.960 kg.	103,5	110
Trident 3B.	68.040 kg.	98	104
BAC 1-11, Series 200.	35.814 kg.	93,2	99
Boeing 727-200 ADV.	86.410 kg.	98,5	101,7
Boeing 747-199.	322.060 kg.	108	107
DC-10, Series 10.	195.048 kg.	105,6	99
L-1011-1 TriStar.	195.048 kg.	105,6	97,8
Fokker-VFW F-28.	29.484 kg.	93	90
VFW 614.	18.596 kg.	93	83

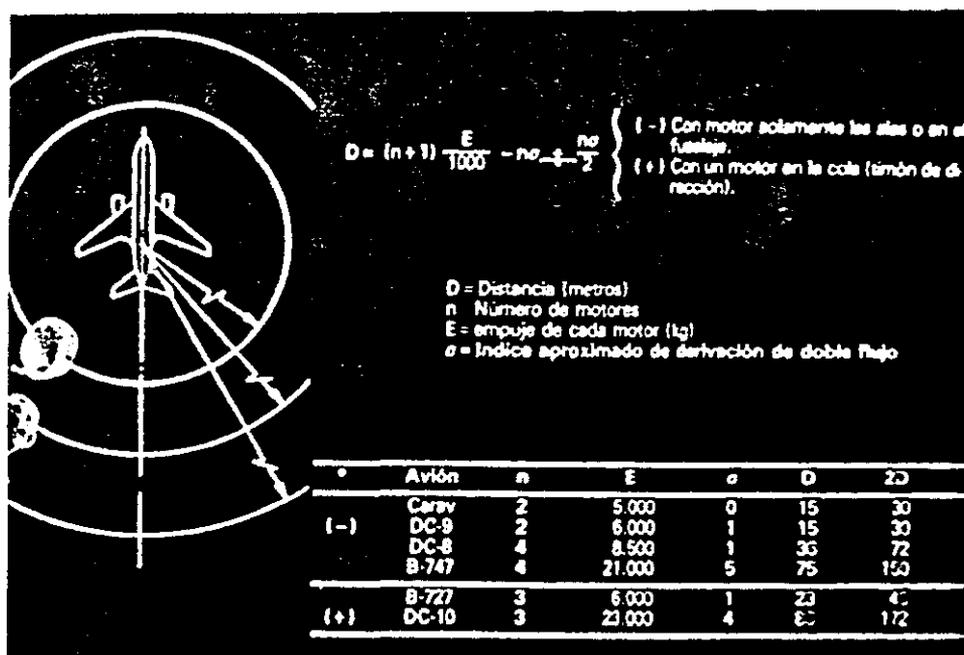
de ruido en las altas frecuencias, en tareas que exigen la recepción y, lógicamente la discriminación de señales, débiles de retorno/eco, de contramedidas electrónicas, etc.

En las figuras 75 y 76, se detalla el origen de las ondas perturbadoras, así como los efectos en la función auditiva. Esto último, detallado en el espectrograma frecuencial de la 76, es de sumo interés, y está registrado en el LYNX.

El nivel de ruido existen en el oído operando en la cabina de aquel, muestra, los límites de banda superior, el umbral de detección, y el umbral auditivo calculado, todo ello, como consecuencia de la oclusión de un sonido por otro, explicando de éste modo el fenómeno del enmascaramiento sonoro.

En todas, las aeronaves, y en mayor grado en las de actividad civil, el ruido que interfiere la comunicación oral, está expresado en dos parámetros, en el existente en vuelo de cruceo con el registrado, en la fase de descenso. Se denomina SIL # (Nivel de Interferencia Hablada), y es de interés en aeronaves, como las que seguidamente exponemos en la figura 86.

Fig. 86



Seguidamente en el cuadro de la Fig.87, exponemos la interferencia procurada por el ruido a nivel de la cabina, de aeronaves de transporte, en la zona de cabina de tripulante, y en la de pasajeros, tanto en su versión civil, como ocasional militar. En algunos, de ellos se señalan los índices del NIH ó SIL#, en vuelo de crucero, y en incidencia de descenso.

Tipo de Aeronave	Cabina pilotaje	Cabina de pasaje.
Reactor:		
D C - 8	76	(72 plano anterior) ()motor (78 plan.posterior)
BOEING - 747	73	(71 plano anterior) ()motor (75 plan.posterior)
D C - 10	71	(71 plano anterior) ()motor (73 plan.posterior)
BOEING - 727	(78 en crucero ((80 en descenso	
D C - 9	(76 en crucero ((78 en descenso	
Turbohélices:		
CIVILES		
FOKKER - 27	86	93
MILITARES		
TRANSALL	92 a 98	90 a 104

Fig. 87

En dicho cuadro de la figura 87, queda patente, la mejoría tecnológica, que con el paso del tiempo, se ha ido produciendo, en dos aspectos. De un lado, con el menor número de motores para procurar, la misma ó mayor potencia, y de otro lado, incorporando mejoras en el funcionamiento de aquellos, para que sin merma de su potencia, y de su seguridad, cada día generen menor ruido contaminador.

De los cuatrimotores reactores, como lo son el cuadro, el DC-8 y el Boeing 747, vemos la reducción operada, en ambas cabinas, y en todos los puestos de ocupación. De los trimotores reactores, pesados como el DC-10, éste con un motor menos que los anteriores, se equipara casi en capacidades, y con una reducción sonora (EPNL#), de elocuente valoración (de mebs 5 dB, en cabina pilotaje, y zona posterior de pasajeros)

De los trimotores reactores, medianos, la gama comparativa del Boeing 727 con el birreactor, DC-9, la reducción a favor de éste último, es valorable. Cuando sabemos el elevado costo que en ingeniería aeronáutica conlleva, el reducir 1 dB., en la emisión de un motor, ó en su aerodinámica.

En contraste final, sivan los turbohélices, como patrón de comparación altamente ruidosos, como el Fokker-27, verdadero tormento de usuarios (tripulantes y pasajeros), como el militar Transall, dotados de turbinas Rolls Royce, de elevada seguridad, y rumurosidad.

3.1.3.3. Propulsión:

Los distintos sistemas utilizados, según la tecnología de su tiempo, para sustentar a la máquina, e impulsar al tripulante, han llegado, en su último estadio, a que por concurrencia de las vibraciones, el ruido generado, y el impulso vectorial alcanzado, el tripulante, pueda experimentar ocasionales desorientaciones en vuelo, como más adelante, se tratará, junto a patología aerocinética, y secuelas funcionales auditivas.

Dos, han sido los elementos, utilizados, el motor de explosión, que en aeronautica, se le denomina sistema convencional, y los de reacción. Estos han aplicado su potencia, según características, a una hélice, en el caso de los motores clásicos, en tanto que los reactores, para mayor economía, han dado lugar, al turbohélice, ó a la impulsión, pura con el verda-



Fig.88

Fig.89

dero chorro de reacción, a la compresión y combustión de una mezcla combu-
rante.

Sólo a interes O.R.L. ci-
tamos, que la triada rui-
do, vibraciones, y empuje
expresan desde su inicio
, junto al peso, el reto
tecnológico de los motor-
es convencionales, siendo
su potencia, expresada en
H.P./peso la mejor corre-
lación en su apreciación.

Todos los esfuerzos han
ido técnicamente dirigi-
dos, a lograr valores má-
ximos en el empuje, pero
el ruido, y las vibracio-
nes, no han sido aminora-
das en la deseable propor-
ción.

Los hermanos Wright, en
su primeros FLYER HAWAK,
utilizaron una potencia
de 30 H.P. con un peso de
86 Kgrs, en su sistema
motor, que hoy día en ULM
un Rotax de 4 tiempos, lo-
gra una potencia de 80 H.

P. con no más de 43 kgrs. de peso, demostrandonos, el enorme
desarrollo logrado en los últimos 90 años.

El ruido discontinuo, generado, por dichos motores, es en
la gama de las bajas frecuencias mucho menor que el provenien-
te de la punta de las hélices. En las inferiores a 100 cps, y
muy rico en armónicos.

Contrapuesto al ruido aerodinámico, que es eminentemente,
continuo en su espectro, en todas sus frecuencias pero de
banda estrecha. En resumen, el ruido proveniente de los
motores convencionales, tubos de escape, que no van dotados
de silenciosos (salvo como más adelante señalaremos, operen
en el campo de la aviación civil, norma FAR 36) , y vibracio-
nes del fuselaje ó célula de la aeronave, son similares en
características al proveniente de las hélices, pero de me-
nor intensidad.

Debemos ahora significar, en interes O.R.L., la trascenden-
cia que tiene para los equipos de mantenimiento en tierra, y
para cuantos operan con motores de explosión, el tandem, que



la hélice, desempeña en la producción del ruido aeronáutico.

En clara referencia a las hélices, hemos de señalar, dos áreas bien diferenciables, en cuanto al ruido. Tomando el plano de la misma, como referencia. Toda la gama sonora generada por delante de aquel, corresponde a emisiones de frecuencias medias y altas. En tanto que, el situado por detrás, son las bajas frecuencias las dominantes.

De fácil comprensión será por lo tanto, que si como observadores nos situamos frente ella, como es lógico en funcionamiento, las medias y altas frecuencias nos causaran suma molestia, pero los niveles menos sonoros, y si más lesionantes, se generarán entre los 105° y 120° , siendo nuestro punto de situación frontal los 0° , la punta del plano del avión aproximadamente, los 90° , y la cola del mismo, los 180° .

Más adelante, señalaremos, la fórmula, que en virtud del número de motores, de su empuje, de su ubicación, etc. De cual es la distancia a la que el individuo debe protegerse, y con que medios. Por ello, ahora debemos de significar, todo lo que atañe a la hélice, como fuente ruidógena, y por eso, es obligado hacer las siguientes puntualizaciones. Los factores condicionantes son:

- 1) del número de palas.
- 2) de su radio, y en consecuencia del área del disco que se forma.
- 3) de sus características aerodinámicas.
- 4) de la velocidad de rotación, y en consecuencia del número de Mach en la punta de la pala.
- 5) de la tracción ó paso de la misma.
- 6) de la potencia que el motor le aplique.
- 7) de las condiciones atmosféricas, en el momento de la prueba, por la conducción sonora, (temperatura, humedad, y presión).
- 8) del punto de ubicación del observador.

Pensamos, que es el momento de recordar para los más en lo referente a la medición del ruido, el que las dos unidades de más común uso, sean consideradas. Así, el EPNdB #, corresponde a la valoración del efecto instantáneo que la intensidad sonora procura, cuando es percibida en un punto.

En tanto, que el EPNL #, representa la valoración de la efectividad percibida a través de una serie de factores numéricos, en los que la intensidad del ruido es combinado, con

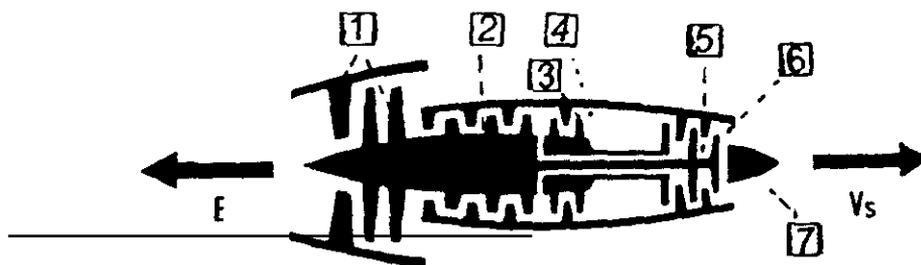


Fig. 90

- 1 Compresor de Baja Presión.
- 2 Id. de Alta Presión.
- 3 Proceso de combustión.
- 4 Turbulencia en el tubo de llamas.
- 5 Turbina
- 6 Flujo Primario.
- 7 Mezcla del primario con el aire exterior y secundario.

el tiempo de su actuación, así como las molestias percibidas por el observador, son valoradas.

Siguiendo en el tratamiento del tema, hélice, la sección Air Research, de la casa Garret, ya demostró, la correlación de los factores que condicionan la rumurosidad de ellas, con una serie de pruebas que realizó con su motor TPE 331, y una serie de diferentes hélices, en cuanto a número de palas, diámetros, potencia aplicada, etc. La figura nº 84, recoge la gama de los interesantes datos en orden a su niveles de nociva emisión.

En dichas pruebas, se evidenció mediante micrófonos situados en planos de 15° de intersección con el de la hélice en ensayo, y en unos 150 mts. Diversas variantes.

Particularmente en 45°, con hélices de 3'25 mts. de diámetro, girando a 1.160 rpm., se destaca la gran diferencia emisora de ruido en dicho punto de unos 82 dB, aplicando 100 SHP menos de potencia, a pesar de tratarse del modelo, cuadripala.

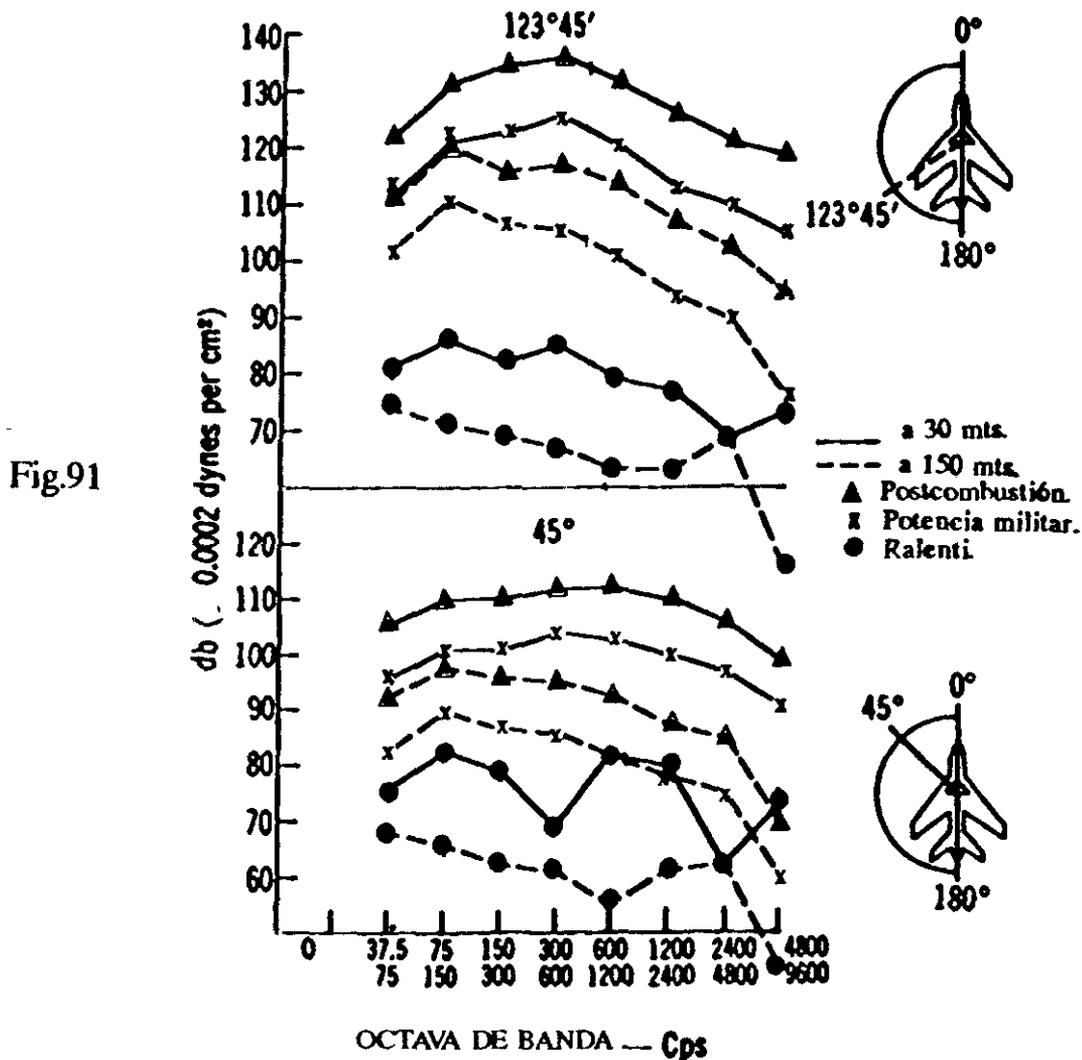
Es, así mismo, bien fácil de anotar en igualdad, del diámetro, y de la potencia aplicada; la influencia que genera, el incremento del número de palas, preferentemente, en los 45° y 135°.

Como ejemplo práctico, para minorizar la producción de ruido generado en la punta de la pala de una hélice, (número de Mach), se ha introducido la modificación estructural de la

misma, disponiéndose un borde perpendicular al eje de la pala de determinado grado de relieve. Este detalle, puede verse en la figura n°.88, montadas en un bimotor moderno.

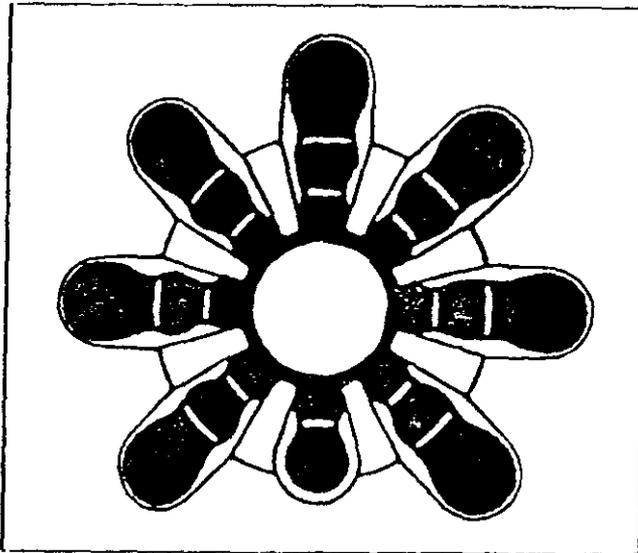
Pero también, otras adicionales mejoras se han introducido en áreas de sustentación, que son de doble intencionalidad, nos referimos, a los wingless, figura n°.89. Con ellos, se ha pretendido, de un lado reducir los vortex ó remolinos, que generan la turbulencia residual, al paso de una aeronave, consecuentemente, reduciendo la resistencia, y logrando un incremento de la velocidad, traduciéndose la ganancia en el radio de acción de la máquina. Pero, lo más destacable en el punto de vista O.R.L., es que dicha mejora procura a su vez, una notable reducción del ruido aerodinámico.

Dentro de las tecnologías desarrolladas para abaratar, el transporte aéreo, a través de reducir el consumo de combustible a niveles mínimos, se desarrollaron una serie de motores turbohélices, con hélices de formas muy peculiares, y en elevado número, que incluso funcionaban en contrarrotación. Sólo en interes O.R.L., señalar, que con la figura n°. 94 , queda un ejemplo de ensayo, de éstas unidades propulsoras, que a fin de aminorar, la acción ruidógena, mixta, de las cajas



RUIDO DE REACTORES

Martin Cuesta.*



Avión	Motor PW-JT8D serie	Hasta peso máximo al despegue	Costo conjunto silenciadores
B-727-100	-7, -7A, -7B	169.000 lb.	1,4 mil. de dólares
B-727-200	-7, -9	177.600 lb.	1,4 mil. de dólares
	-9, -15, -17	194.000 lb.	2,0 mil. de dólares
B-737-100-200	-7, -9, -15, -17	128.000 lb.	3 mil. de dólares
DC-9-10/20/30/40/50	-7, -9, -11, -15, -17	114.000 lb.	1,2 a 1,9 mil. de dólares según configuración

Fig.92

de transmisiones, y de las referidas hélices, multipalas se las situa, al final del fuselaje ó cola del avión. Estimando los fabricantes, unos niveles de 95 a 135 dB EPNL #, de emisión.

Con la evolución tecnológica, hizo su aparición el motor a reacción. En ella el aire a través del compresor, es dirigido a unas cámaras de combustión continua generándose, una ignición de la masa gaseosa, pasando a través de la turbina, alcanzando una elevada presión, que al liberarse por la tobera, determina un empuje resultante.

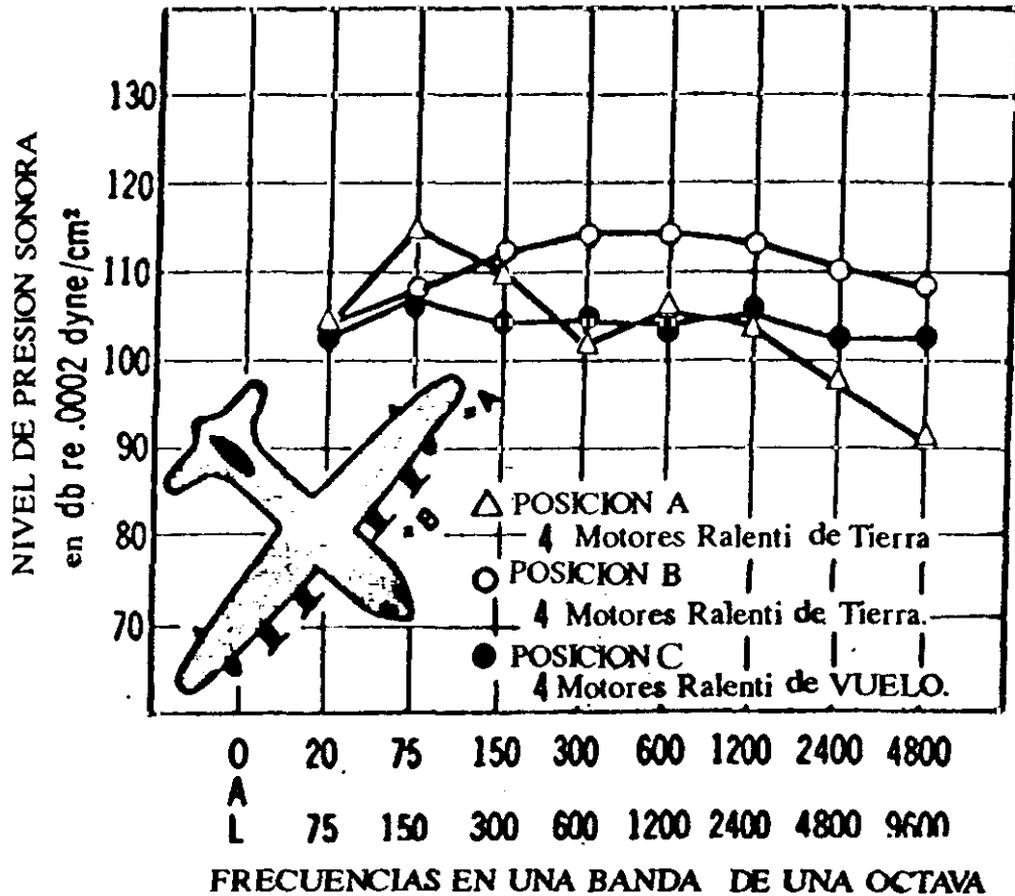
Desde el punto de vista O.R.L., ¿que interes puede procurarnos su funcionamiento? Pues, juzgamos que de gran relevancia. Puesto que, turbinas, en la industria, y en aplicaciones hasta domésticas, tenemos experiencia de su alta rumurosidad, y las de gases como son los turbo-reactores, alcanzan elevadas cotas ruidógenas.

Además de estar dotados de un compresor, y una turbina, otros elementos, le son esenciales, como detalladamente se expone en la figura n° 79. En ella, de arriba a abajo, los distintos dibujos de secciones, corresponden a las modalidades y evoluciones, habidas.

El superior, es de flujo único. Se realiza la compresión del aire que logra admitir, y parcialmente en combustión, se expansiona en la zona turbinal, y en la zona de la tobera, determinando que la masa de aire que penetró en el motor, adquiriera una elevada velocidad. Dicho flujo se denomina primario.

El del medio corresponde a los llamados de doble flujo, puesto, ya que parte del aire de su compresor inicial, es

Fig. 93



derivado, para alcanzar, en la zona de la tobera, (llamado flujo secundario por ello), a la mezcla en combustión, que siguió a través del primario, como en el modelo precedente. De dicha reunión, se obtiene, una mayor energía con un menor consumo, e incluso con gran reducción de peso, y ruido.

Finalmente, el tercero, corresponde, al que frontalmente tiene, un voluminoso compresor de baja. Parte del aire, que penetra, sigue su camino por el primario, como en el primer modelo, y a su vez, el secundario, lo hace como en la segunda modalidad, pero su diferencia parte, de que existen una gran derivación del aire frontal, a su alrededor, lo que comporta mejor refrigeración, mayor potencia, y menor generación de ruido.

Por el gran tamaño de su sección frontal, reciben la denominación de tipo ventilador, y más comúnmente el término sajón de "fan".

En la imagen de la figura n°90, se detallan las áreas sobre las que debemos, fijar la atención. Puesto que de las zonas de escape y de la zona del compresor, es de donde procede el ruido que habitualmente oímos en tierra cuando funcionan.

El chorro ó ruido del escape, tiene una gran riqueza de altas frecuencias, en la zona de la tobera, para hacerse a distancia de la salida, eminentemente bajo frecuencial. Ahora bien, el ruido de escape de mayor nivel, casi siempre enmasca

Fig. 94



ra, al generado en el compresor, salvo cuando éste último, requiere poco empuje ("E".de la fig. 90), como suele suceder al sobrevolar zonas de aproximación y aterrizaje.

Más adelante, se trata el ruido aeronáutico, pero en la gama, que completará cuanto a continuación exponemos. Aquí, en éste momento, debemos exhaustivamente, tratar las fuentes ruidógenas, del motor reactor, y como tal sirva, de apreciación las variaciones, habidas, desde los primeros modelos.

La figura n° 80, a izquierda, nos traduce, la gran influencia en la emisión sonora, que el escape ó chorro, (n° 1 de la figura) alcanzaba, en los modelos iniciales, ó de reactor puro. Donde la envolvente sonora del escape/chorro, lo era todo en nivel ruidógeno. La gama del compresor, era de discreta significación (n° 2 izquierda de dicha figura).

Por el contrario, la arribada de la modalidad, del motor tipo fan, genera una irradiación más posterior, del campo sonoro, del escape. En tanto que, el compresor de baja, particularmente, a bajo régimen de empuje, se hace ligeramente dominante.

Tanto en el reactor puro, como en el de doble flujo, y su variante "fan", presentan una zona del sonograma, señalada con el n° 4 en la referida figura 80. Nos referimos al área de sombra. Dicha zona, es la resultante, entre dos conos el frontal al motor (toma dinámica del aire), y el posterior, desde el final de la tobera, (salida expulsiva de aquel).

El cono frontal, de 45°, a derecha e izquierda del eje central, de cada motor, adquiere riesgo de succión y de lesión adicional a la sonora, por el punto de ubicación, como más adelante se señala en las figuras 81 y 91. A una distancia de 8 mts, en régimen de ralentí, y de 5 mts. en régimen de po-

tencia.

Del mismo modo, el cono posterior, con angulación casi igual, a la del frontal, presenta la variante, de daño ruidógeno y lesión por abrasión térmica, en una distancia de 90 a 100 mts, en potencia de ralenti, y en 15 mts, a derecha e izquierda del eje de la tobera. Pasando, en régimen de máxima potencia, desde 200 mts hasta los 600 mts, la zona de acción con un ancho, de 30 mts., a cada lado del referido eje.

Debemos, señalar lo mismo que dijimos, de las cabina de las aeronaves, que las gamas de sonoridad ó ruido, deben ser catalogadas en dos vertientes, en las operaciones realizadas en tierra, y las generadas en vuelo, con la variante que más adelante trataremos, de según se trata de vuelo, subsónico, sónico ó hipersónico, por sus especiales significaciones.

Por su elevada trascendencia laboral, tanto en personal de apoyo, al vuelo, en tierra, como cuantas personas, se desplazan en áreas próximas a aeronaves con su motor ó motores en funcionamiento. Los diagramas del ruido son expuestos.

El primero emitido por un motor, reactor, parte inferior de la figura 81, permite en unidades EPNL dB #, señalar las zonas de máxima lesividad, del sujeto. Con respecto al plano frontal, del motor (0°), y en fracciones de + 45° (90°, 135°), hasta los 180° (plano posterior. Desde los 92 dB frontales, pasamos a 105 dB (plano de 45°), a 115 dB en la punta del plano ó 90°, alcanzando el máximo en 135° de 120 dB. Dentro de unas próximas líneas, veremos las variaciones que la potencia, determina, y como el ángulo de mayor valoración, es el de 123'5 °, en lesividad.

En la misma línea de lo anterior, tan importante es la proyección, del ruido circundante estático, y de un monomotor, como la misma figura 81, en su parte superior, muestra el de un birreactor. El cual, en su sonograma, tanto en ordenadas, como en abscisas, se sitúan los valores de intensidades, desde 80 a 140 dB en EPNL #, y en los radios de los arcos anterior y posterior, los niveles alcanzados, en dos condiciones muy distintas, a baja potencia, "ralenti", y a máxima de aquella.

En ralenti, excepcionalmente, se alcanzan los 97 dB, prácticamente, en los 120°/123'5°, y los 94 en la punta del plano (90°), e incluso 85 dB próximos a las toberas (165°). Pero éste diagrama del ruido circundante, es totalmente diferenciado, en régimen de máxima potencia, en particular, desde el radial de 50°, con 115 dB, donde in crescendo, se destaca, la gran diferencia de intensidad lesional, que se va alcanzando, con valores, como 132 db, en el radial 140°, hasta 120 dB., a la misma altura de la proximidad de las toberas.

Más adelante, veremos, el particular problema operativo,

que las aeronaves de aviación general, de ésta modalidad bi ó trireactor, tienen para operar en aeropuertos internacionales de 1ª categoría, en base a las regulaciones internacionales vigentes en dichas áreas de vuelo.

Completamos, lo anteriormente tratado de aeronaves reactores, civiles, con la emisión sonora observada en igual tipo de motores, pero operando en la vertiente, militar. Como preambulo, es de significar, que los regímenes aplicados son los más exhaustivos, que en velocidad y carga, pueden según los fabricantes usarse.

En la figura n° 91, tenemos el sonograma en tierra, de un caza, monorreactor F-100, tratado desde varias vertientes. La primera, es el posicionamiento del observador, con relación al eje del motor, y en éste caso, también del fuselaje, en el plano de 45 ° y el de 123°45'. La segunda, es en orden a la distancia de la fuente ruidógena, de 30 mts.(---), y 150 mts(- - -) . Y finalmente, tres variables de potencia aplicada, ralenti (●), potencia militar (x), y postcombustión (▲).

El posicionamiento a 45° en ralenti (●) y a 150 mts.(- -) , es significado el espectrograma en las bajas y medio frecuencias, con valores entre 58 a 68 db, y de 40 dB entre 4.800 / 9600 cps.

En la inicial posición de 45°, en ralenti (●) y a 30 mts. (---), destacan, los incrementos casi pantonales, excepto en (2.400 a 4.800 cps), de un valor entre 16 y hasta de 22 db, en las frecuencias de 600/1.200 cps. En las altas, el cambio es de impacto, con más 40 dB.

En la posición de 45°, en potencia militar (x), y a 150 mts.(---) , índices más elevados, son los bajo frecuenciales, gama de los 75/150 cps con 89 dB, y entre 87, 86 dB, en las frecuencias medias, en tanto que, en 4.800/9.600 cps es de 77 dB .

A igual posición (45°), en potencia militar (x), y a 30 mts (----), los incrementos sobre, el sonograma sobre el apartado anterior, son de + 18 dB en las de 37'5/75 y 75/150 cps, el resto con un + 20 dB, con las excepciones de + 22 y + 35 respectivamente, en 1200 y 4.800/9.600 cps.

Siguiendo en la posición de 45°, pero con postquemador (▲), y a 150 mts(- - -) de distancia. Los valores infrafrecuenciales de 75 / 150 cps son los más altos con 120 dB, sobre 116-118 dB, para las medias frecuencias, y de 74 en las más altas

Finalmente en ésta posición de 45°, con postquemador(▲), y a 30 mts.(---), alcanzamos el nivel comparativo, de mayor nivel posible de agresividad sonora, con valores de 112 dB, en la gama de las medio frecuenciales, desde 300/600, 600/1.200 y 1.200/2.400 cps..Por el contrario, en las de los dos extre-

mos, las inferiores sobre 105 dB., y las altas en no más de 103 dB.

Ahora nos toca tratar, todas las variaciones desde la "POSICION de 123°'45' ", en distancias de 150 mts (- - -), y 30 mts (----), con tres diferentes potencias: ralenti (●), potencia militar (x), y postquemador (▲).

En ralenti (●) y a 150 mts (- - -), las infrafrecuenciales (inferiores a 300 cps) son las de más intensidad con 75- 72- 70 dB, las medias, alcanzan los 65 dB, y las altas 54 db.

Variando solamente con respecto a lo anterior, la distancia, a 30 mts (---), de la fuente ruidógena. Existe un incremento pantonal, con promedio de + 14-15 dB, en las bajas frecuencias , de + 20 dB en las medias, y hasta de + 24 en las altas con 78 dB.

Niveles de emisión sonora obtenidos, con potencia militar (x), a 150 mts (- - -), los valores más altos de hasta 112 dB en las frecuencias de 75/150 cps, las medias entre 110-108-106, y el más bajo con 78 dB en las 4.800/9.600 cps.

Con potencia militar (x), y a 30 mts (- - -), todas las intensidades registradas están situadas por encima de los 110 dB, siendo las frecuencias de 75 / 150 - 300 -600, las más altas con valores de 120-122-128 dB.

Dentro de la modalidad con mayor potencia posible, post-combustión ò postquemador, (▲), a 150 mts, de la emisión sonora. Son las infrafrecuenciales 75 / 150 las más altas con 122 dB, variando el resto entre 118 a 115 dB, con 98 en las más altas.

Finalmente, con la anterior potencia, y a menor distancia 30 mts (----), se aunan las situaciones de mayor nivel de ruido, con 138 dB en 300 / 600, entre 134, 132 para el resto, excepto en la infrafrecuencial de 37'5/75 cps con 122 db.

Como resumen a todo lo anterior, juzgamos que el lector podrá detraer de lo expuesto, el riesgo, a que el personal de línea de vuelo, de forma habitual. Así, como en que realiza las pruebas de potencia de un motor, tras su puesta a punto tienen tanto para ellos, como para los moradores próximos.

Completando los sistemas propulsores, en uso, es ahora el TURBOHELICE, el que debemos tratar por sus también peculiares características.

Cuando a un turborreactor puro ó de sistema primario, como ya conocemos, se le conjunta con una hélice, la cual es movida por la turbina, subsiguiente a los fenómenos de expansión de los gases. Dicho conjunto, se le denomina turbohélice

como expresión de su duplicidad, de energía desarrollada por ambos sistemas en conjunción. Por ello, a nosotros, como O.R. L., nos interesarán, los fenómenos ruidógenos, míxtos, que tanto, ya conocemos en las hélices, como los que son debidos, a los compresores de baja, tobera, etc, de los turborreactores.

¿Cuales han sido las causas de su desarrollo, como sistema de propulsión de aeronaves?.

Pues varias, son de destacar, en los tiempos actuales, su bajo consumo, que llega a los 0'6 kg / HP/ h, a la relación peso potencia, que desplaza al motor de émbolo ó clásico, con 2 a 3'50 de relación, cuando en el turbohélice es de 1 kgr por HP.

Y no digamos, la reducción de la sección frontal de un motor en estrella de émbolo, con la de los que nos ocupa. Lógicamente tienen mayor cota de vuelo y velocidad que sus clásicos oponentes. Donde las cosas no han sido tan brillantes, es en las vibraciones, y el elevado espectro sonoro procurado, por dicha asociación turbina y hélice.

De las hélices, ya se ha anticipado los datos de interés, y la figura n°.84, muestra las variantes de generación sonora, así como los factores de la influyen, como algunas de las correcciones prácticas que se van introduciendo.

De los diferentes parámetros sonométricos obtenidos de éste tipo de motores, buena parte de la alta ruidosidad dentro de la cabina, ya se vió en el Fokker 27 (de uso comercial) con 86 dB en cabina de pilotaje, y 93 en la de pasajeros, como con el Transall, (militar), 92/98 y 90/104, respectivamente, (fig.n° 87).

Son de la combinación de las hélices y turbinas, que los propulsan. En el mercado actual irrumpen modelos, como el Saab 2000, que aporta 70 y 72 dB.,. Más adelante, veremos, el alto coste, que conlleva reducir, 1 dB. Máxime cuando, una reducción de 3 dB es casi inapreciable, comenzandose a sentir tal reducción en valores próximos a 6 dB.

Como avanzada, de lo que más adelante diremos, el kit de atenuación de la turbina, Roll Royce que equipa al Fokker 27, está valorado en más de 100.000 f.

Ya en la figura n° 63, vimos en vuelo, que variaciones comportan la altitud del vuelo con potencia semejante, y la que surgía en clara diferenciación, figura n° 62, en la comparación del espectro frecuencial sonoro emitido por los motores convencionales de émbolo (B), de los que genera el turbohélice (A).

Por ello, sólo comentaremos, la importancia de la emisión

sonora, en sus actuaciones en tierra de una aeronave, dotada con el mayor número de turbohélices, en éste caso de 4, según el posicionamiento de las personas, que realizan el apoyo en línea de vuelo. La figura n°.90, responde a ésta inquietud, y a diferentes potencias, como son las de ralenti de tierra, la posición en la punta del plano, ("A") (90° eje motores), alcanza los 115 dB, en las frecuencias bajas, y preferentemente, en las de 75 / 150 y 150/300 cps, son sus valores más lesivos; las medio frecuenciales situanse sobre los 105 dB, y las muy altas en 98 y 92 db.

La posición por delante del motor n° 2, ó "B", (aproximadamente en el plano 45° en referencia al plano frontal de los motores, es la más lesionantes para dicho personal de apoyo, puesto que puede decirse, que la intensidad es "pantonal", y en una intensidad sobre los 115-117 dB.

La rumurosidad con equivalente potencia de ralenti en vuelo, posición "C", que en pruebas de motor se realiza, es de tipo pantonal, pero de un nivel sonoro, de intensidad, sobre los 105 dB, y que la separan en una gama de -10 dB, con la de mayor lesividad, y sí plenamente discriminable, por dicho personal en sus operaciones de mantenimiento.

Sólo los citamos, y no añadimos ninguna observación adicional a los llamados sistemas de propulsión "PROFAN", formados por una turbina, y dos ó más hélices, de formas en sus palas sumamente variadas, incluso en contrarrotación, cuya rumurosidad, es su mayor handicap, por añadir, a los ya conocidos ruidos de turbina, y hélices, los de las cajas de engranajes ó reductoras, la figura n°.94, muestra un ensayo en vuelo.

Como colofón a cuanto se ha tratado, la mejor evidencia explicativa, de la evolución tecnológica producida en los últimos años, sobre competencia entre, el turbohélice, birreactor y el ATP#, se nos muestran, en la figura n°.82.

En ella, sobre un pie de imagen marcado sobre 90 PNdB, vemos, la gran diferencia que se opera, en sus maniobras de despegue, aterrizaje, así como la amplitud de propagación del ruido generado, (lateralmente).

El de mayor rumurosidad y de mayor requerimiento de espacio de maniobra, es el turbohélice (color más difuso), en despegue, hasta 30.000' de recorrido total, su banda lateral es de 1000', su máxima propagación lateral es a los 18.000' del recorrido de pista de 4.000', y en la primera fase de dicho despegue hasta los 5.000', la propagación lateral es de 2.000'

Este mismo turbohélice, al aterrizar, inicia la maniobra a 25.000' con un ancho de propagación lateral que de 0', alcanza unos 1.000' entre las distancias de 15.000' y 8.000', para reducirse a 500' en los 5.000' finales.

Si ahora, lo mismo realizamos, con un biturborreactor, (color azul celeste), veremos, en maniobra de despegue, desde el inicio, una propagación lateral de 1.500', con máxima de 2.000' a los 15.000' de pista recorrida, para rotar a 25.000' de aquella, con una banda estrecha, reducida a 200'.

En la maniobra de aterrizaje, sus comportamientos son también más reducidos, que su anterior competidor. Ya que, aterriza recorriendo sólo 20.000', a los 10.000' de recorrido su ancho de emisión lateral ruidógena alcanza 300', y antes de detenerse, no más de 150'.

Finalmente, en ésta prueba competitiva, el azul oscuro, se atribuye, al Advanced Turbo Propeller. El cual, en despegue lo realiza recorriendo 20.000', con un ancho de propagación lateral, que desde los 800', desde el inicio de la carrera de dicha maniobra, alcanza su valor máximo de 1.000' a los 15.000 pies, para reducirse a sólo 30', en el momento de rotar.

Esta misma máquina, tomando tierra, presenta unas características en orden de ruido muy destacadas con respecto a sus competidoras, puesto que aterriza en 10.000', y la máxima emisión sonora lateral tiene desde 0' y los 500' finales, un valor de 330' de ancho.

3.1.3.4 Sistemas de control :

¿Que razones O.R.L., son aducibles, para que se hagan una serie de observaciones en éste considerando?

En la serie de procesos de disfunción sensorial que, el piloto pueda sufrir, desde la procurada por una incorrecta, interpretación de las indicaciones instrumentales, hasta el de una contradictoria actuación correctora, "todo lo que pueda perturbar su adecuada respuesta", es de sumo interés práctico, como particularmente veremos, en el apartado de la desorientación en vuelo.

Para realizar, el control de la máquina, el tripulante, debe disponer de una serie de instrumentos informadores. Unos para la propia dinámica del vuelo, en cuanto a velocidad de desplazamiento (anemómetro), de la misma en su plano vertical (variómetro), de su altura (altímetro), de un director de actitud (horizonte artificial), conjuntado con el indicador de virajes (bastón y bola).

Y, con la de otros dedicados, a la aeronavegación, como el compas, direccional, etc., y finalmente, los informadores de las constantes del grupo propulsor, en cuanto a cuentarrevoluciones (tacómetro), termómetros, aforadores de combustible, indicadores de presión, etc, (fig. nº 95).

El indicador de velocidad (anemómetro), es nuestro inmediato informador primario de potencia. Entanto que, el altímetro, nos permite adquirir, la información primaria sobre, el cabeceo de la aeronave, en las variaciones de morro arriba ↑, y hacia abajo.

El elemento primario de información, en la realización del viraje, lo tenemos, en el compas magnético ó por el direccional, apoyado por el bastón y bola, en la coordinación de inclinación bien centrada.

A su vez, la indicación del director de actitud, (A.D.I.), ó horizonte artificial, permite ser el soporte del viraje, y de si descendemos ó ascendemos durante su realización.

Finalmente, el variómetro, procura una información de tipo secundaria, en cuanto al grado de cabeceo, con ganancia ó ascenso, expresado en m/s, ó por el contrario, significandonos el grado de descenso que en maniobra, podemos tener.

De éste modo, durante la práctica del vuelo en condiciones sin observación del horizonte, por razones metereológicas, de condición nocturna del mismo, ó bien por estar en fase de enseñanza, tendremos las condiciones, llamadas de vuelo IMC/IFR. En la figura nº 95, la indicación instrumental corres-



Fig.95

Vuelo Instrumental (IMC/IFR)#. Nivelado y afrontado.

pondería a estar, nivelado, y correctamente, afrontado al horizonte, sí aquel se nos mostrara. La práctica de vuelo, visionando, el exterior de la cabina, denominase VFR / VMC, en razón de que, la visión del horizonte, la corroboramos, con nuestras indicaciones instrumentales.

Los INSTRUMENTOS DE VUELO, están reglados, para la práctica de la técnica del vuelo denominado instrumental, (IMC / IFR). En su realización, es obligada, la lectura cruzada, de los instrumentos, con base en el A.D.I.#, ó horizonte artificial, para no descuidar ninguno de ellos, sin tender al fenómeno, de ensimismamiento ó polarización en uno de ellos, en clara, y grave desatención de los otros.

En estas condiciones, es importantísimo, como exponemos en la figura nº 96, la influencia de la atención, en la visión central (esencial en la técnica del vuelo instrumental), y de la periférica u ambiental (de destacado papel en el vuelo visual).

Los considerandos, a diversos factores, como: atención, nivel de consciencia, susceptibilidad a las ilusiones, a la distracción, así como, al tipo de información obtenida, y finalmente, en el procesado de ésta última, deben ser hechos.

Las diferencias, son tan significativas, que el lector, sólo debe, evaluarlas, para cuando más adelante, tratemos las desorientaciones en vuelo, pueda lograr su mejor comprensión, por la alta participación de la orientación en el avión.

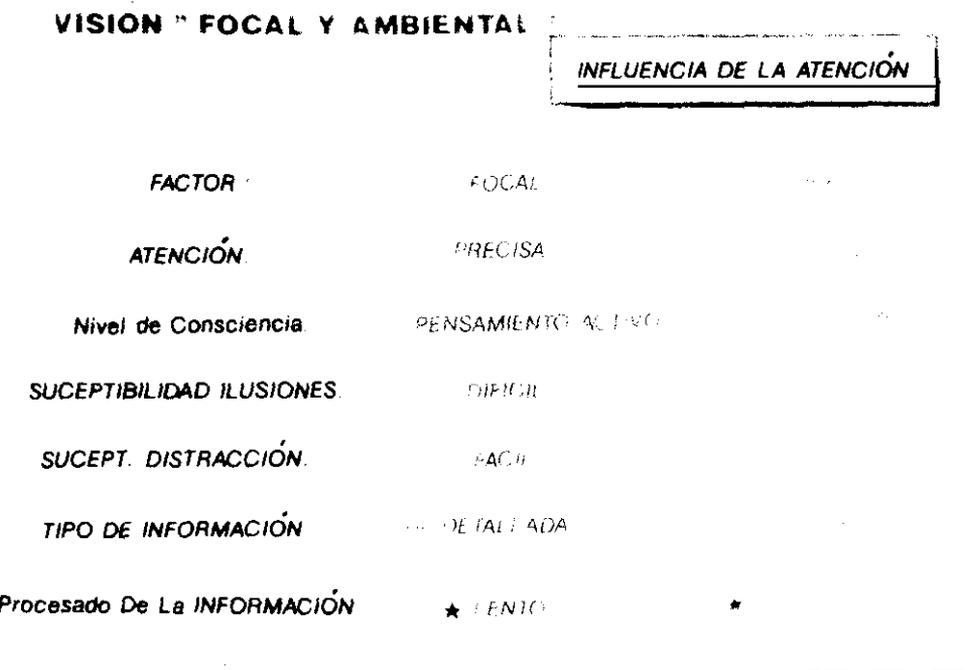


Fig.96

Para nosotros es de crucial interes la información obtenida, y el tiempo de la respuesta "correcta". Nos sirve, como elemento evaluador, la velocidad de conducción, que para el sistema nervioso, fué dado por Sherrington, en 50 mts/s. Debemos a través del cuadro de la figura 97, tener conocimiento, del llamado, tiempo de reacción, acorde a la velocidad de traslación de la máquina en la que lo hacemos.

TIEMPO DE CONDUCCION

Fig.97

S.N.C. -	50 m/s	=	180 Km/hora	(HELICOPTERO H-9, H-10)
	- 100 m/s	=	360 Km/hora	(AERONAVE TRANSPORTE T-9, T-12, ESCUELA E-17, E-24)
	- 200 m/s	=	720 Km/hora	(A. ESCUELA REACTOR: E-15, E-26)
	- 340 m/s	=	1.224 Km/hora	(VELOCIDAD DEL SONIDO)
	- 400 m/s	=	1.440 Km/hora	(AERONAVES DE CAZA: C-11, C-12, C-14)
	- 6.000 m/s	=	3.600 Km/hora	(AERONAVES INVESTIGACION = X-15) (" " RECONOCIMIENTO = XR-70)
	(4'4 millas)			

En ella sobre, dicho patrón de velocidad de conducción del Sistema Nervioso. Vemos como se corresponde con los 180 kmts/ hora de los helicópteros, como el H-9, H-10. Para, una velocidad de 100 m/s, equivalente a 360 kmts/h., ya nos encontramos, en la gama de aeronaves de transporte, como los T-9, T-12, T-19. etc., ó los de escuela, como E-17, E-24.

En la gama de 200 m/s, ó 720 kmts/h, los reactores de escuela, alcanzan en los modelos, E-15, y E-25, su expresión. La velocidad del sonido, 340 m/s, a nivel del mar corresponde a 1.224 kmt/h. Siendo de los aviones supersónicos, con más 400 m/s, los representados por los cazas, interceptores, como los C-11., C-12, C-14, C-15.

Finalmente, como ejemplo de máquina tripulada, a velocidad hipérsónica, tenemos, desde las aeronaves cohete de investigación, como en su momento fué el X-15, hasta el avión de reconocimiento XR-70, con 6.000 mts por segundo (4'4 millas/segundo), ó 3.600 kmts/h.

Por todo, lo anterior, en referencia a los INSTRUMENTOS, su número, tamaño, y ubicación, se han estandarizado, en la variante del vuelo VFR/VMC #, y de un modo, más rigido, para la práctica del vuelo, en condiciones instrumentales, ó IFR/IMC.#

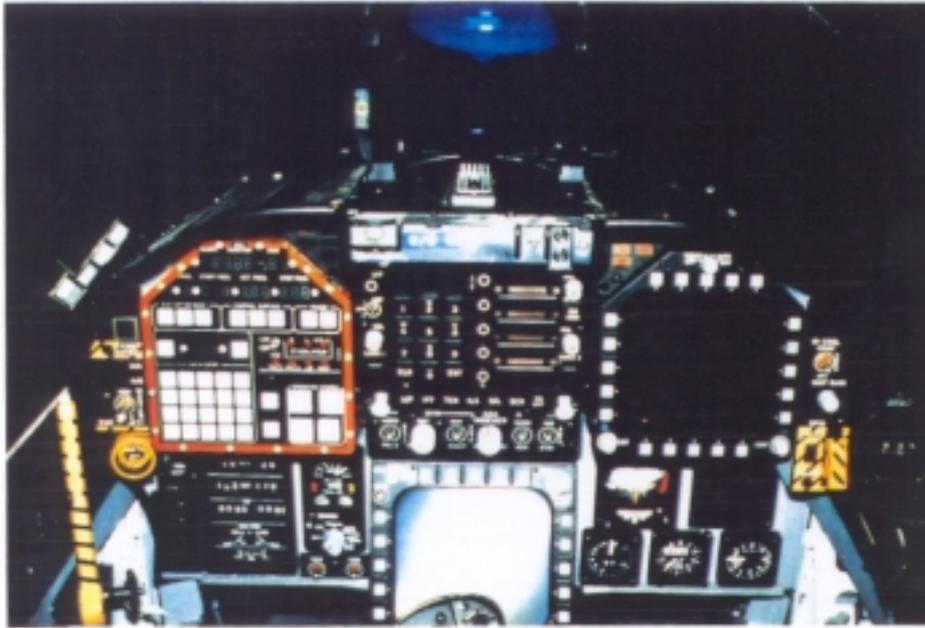


Fig.98

Las veteranas escalas numéricas, utilizadas en los instrumentos con posicionamiento de un indicador de aguja, en las que se le permitía al piloto, ejercitar un control, un tanto distendido por cuando sólo fijaba, su atención, en la posición de aquella, que rompía la imagen armónica, por cuando se decía, que los instrumentos le hablaban a su pasada visual, están siendo sustituidos.

Los E.F.I.S #, H.U.D. #, G.P.W.S #, pantallas de C.T.R.#, etc. Algunos de ellos visibles en la figura n° 98, (correspondiente a un F-18/C-15). Comparese con las instrumentaciones de las figuras n° 38 (Phantom), y n°. 39 (Mirage F 1). Han sido incorporados para aliviar, la saturante tarea, del tripulante único. Pero, como más adelante veremos, al tratar de la desorientación en vuelo, pueden ser causa de formas, fulminantes.

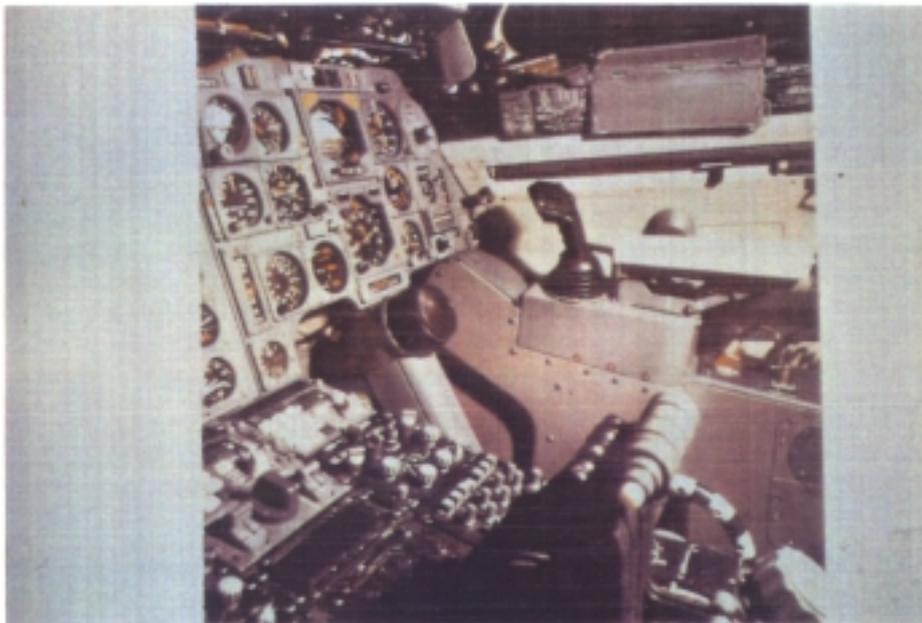


Fig.99

De los MANDOS OPERACIONALES, para nosotros lo más interesante es la información propioceptiva, que tiene su papel en el mantenimiento del equilibrio, como se ha visto afectada por la evolución de la tecnología de su tiempo. Así, desde las actuaciones iniciales, con sistemas de poleas y cables, pasando por los de presión hidráulica ó neumática, hasta los actuales eléctricos, con su última expresión, los contactores, base del fly by wire, tenemos su mejor expresión.

En la cabina, del Airbus 300 figura n°.99, se nos muestra, la desaparición de la clásica palanca ó sistema volante, central por el ministick, de localización marginal, y con unos 8 + ó -m/m desplazamiento. Totalmente atenuador de esfuerzos físicos, y en ocasiones de maniobras, en aeronaves militares, contribuidores a las desorientaciones tipo III, como veremos más adelante.

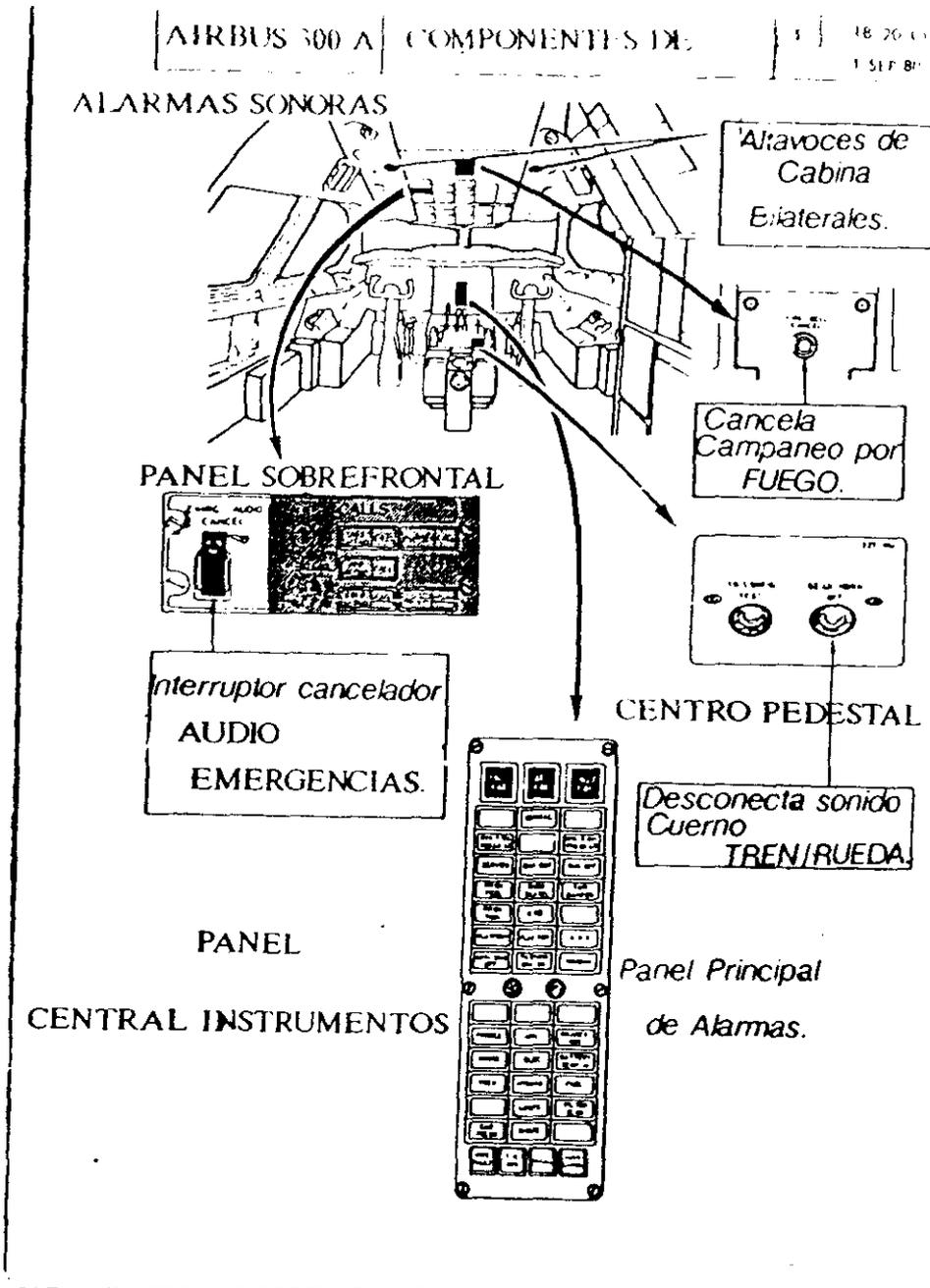
Finalmente, una modalidad, por hoy, sólo afectante a los tripulantes, de aeronaves militares, es la modalidad del llamado vuelo inestable, realizado por sistemas de computadoras, en asociación a estabilizadores automáticos ó superficies tipo canard, para procurar alta maniobrabilidad, que ha dado lugar, a la generación de transición, tipo Rafale, Jas 39, Sukoi 27, a los de última tecnología, que con empuje vectorial, en cabeceo y guiñada, posibilitan el "vuelo crítico", como en el EFA (figura n°.100), X-29, y X-31.

3.1.3.5 Ayudas a la Aeronavegación:

Dichos equipos se incluyen por la variedad, que el Reflejo Oculo Vestibular ó VOR# puede generar, hasta la amenaza de un fenómeno de TULLIO *

Fig. 100





Por su mayor significación, y facilitar su comprensión, es obligado, que separemos las ayudas propias al vuelo, generalmente, en equipos que facilitan imagenes de condiciones meteorológicas, del relieve del terreno, de proximidad de otros vehículos en el espacio, como es el caso del radar. y, otros que mejoran las operaciones nocturnas, como son los equipos con fuente de rayos infrarrojos para intensificar la imagen, hasta los de visión hacia adelante por cámara térmica de infrarrojos (FLIR #), y los de gafas de visión nocturna (GVN #).

De aquellos, que realizan una labor de apoyo a la seguridad del vuelo, como son toda la gama de sensores acústicos, de los que las aeronaves de ala fija ò rotatoria, van dotados. Dentro de ésta última línea tenemos, la serie de avisadores sonoros, puros, como son los indicativos, con voz sintética, de tren arriba, abajo, bloqueado, etc. acompañado de bocinas

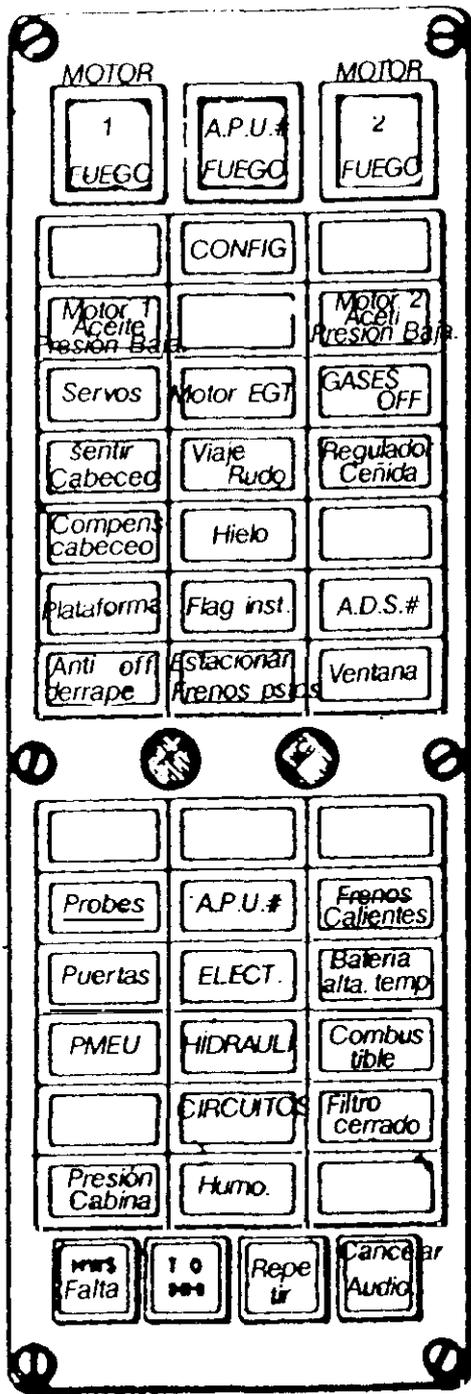


Fig.102

de diversa gama sonora, e indicativos luminosos en el cuadro de mandos, como sistemática, para reducir el error humano.

Finalmente, señalaremos aquellos condicionados con las comunicaciones, hoy por hoy, base de la circulación aérea, y de palpitante realidad, que en el futuro, parece que se verá aliviada con la incorporación de sistemas, como el GPS#, que no requieran tanta comunicación, aire-tierra-aire.

De los equipos de navegación VOR#, TACAN #, OMEGA, etc, sólo, hacemos, la observación de que algunos de ellos, cuando se selecciona su frecuencia, exigen la comprobación en Morse de su identidad, que el usuario con buena audición debe confirmar.

Los errores, de incorrecta selección frecuencial, pueden comprender desde, el uso de documentación informadora desactualizada, incorrecta lectura, sintonía errónea, visión inadecuada, y hasta distorsión acústica.

Otros, son indicadores de situaciones, como el alertador de amenaza de haber sido iluminado por un haz radárico, corresponde al llamado sistema IFF#, el del zumbido de activación del sensor térmico de un cohete, para indicar al piloto el momento de su disparo, hasta los sistemas de aviso de límite de vuelo para retornar a la base por su reserva de combustible (recuperación).

Por el riesgo a sufrir vértigo, desorientación, e ilusiones ópticas, no somos más amplios, dejando para más adelante y en su capitulado, toda su significación, en lo referente a sistemas auxiliares de la visión.

Lo que vamos a tratar en su interés aún más destacado O.R.L., es en lo referente a la valoración de la efectividad auditiva de los dispositivos de alarma. En la figura 101, vemos la composición de uno de dichos sistemas. Que van desde, la ubicación de los altavoces, hasta los distintos puntos, donde están dispuestos, los actuadores, para su activación ó neutralización sonora. Así, como la imagen detallada, del Master ó Panel principal de Alarmas (Alertas), Fig.102, del Airbus-300

En ellas no es sólo necesario investigar, la audibilidad del sonido, sino también valorar la demanda de atención que procura, y no digamos, su caracterizado "reconocimiento". Como los fallos pueden estar, en que el sonido no pueda ser debidamente oído y reconocido, ó que la inatención a su escucha, sea deliberada. Por eso, la efectividad sonora de la alarma será condicionable, al ambiente de ruido, y a otros sonidos discretos no simultáneos presentes.

Para lograr una buena percepción auditiva, es requerible considerar, las características acústicas del ambiente en que se actúe, y el sonido de la alarma.

Todos tenemos un conocimiento, de que entendemos, por un emisor de audio-señales ó sensor de alarma. Comunmente los vemos, y afortunadamente los oímos excepcionalmente, usados como informadores de una " inmediata situación de peligro / alerta". Por fuego, indicación de maquinaria peligrosa en funcionamiento ó aviso de fallo, robo, hasta como indicador de evacuación mediata de un edificio.

En aeronáutica, como en las figuras nº 101, y 102, se ven , dichos sensores lo son como informadores de potenciales peligros, como el de fuego, despresurización, proximidad del suelo, hasta indicadores, de fallo de algún sistema fundamental, eléctrico, hidráulico, de combustible, u operacional, como pérdida de velocidad (avisador de entrada en stall#), sobrevelocidad, etc.

Hacemos nuevamente hincapié, en que generalmente, se correlacionan, el aviso sonoro, con una señal luminosa, de color, ya preseleccionado (naranja, violeta, verde, ó rojo), a fin de que, el tripulante, primero oiga la señal, le ponga en atención, y responda, identificando aquella. Para a través, de la ubicación en el panel de instrumentos de la señal, correspondiente, según sea "intermitente" ó fija, y la gama de color, pase desde aviso de caída de presión, de fallo fluctuante, hasta el de peligro, en rojo.

En un principio, se consideró de que el criterio rector de de estos equipos, debía de ser, que la intensidad en ruido del sonido de una alarma fuera suficientemente molesto, (General Electric Company *), mientras que CORLISS y JONES* , han sugerido el criterio en base, a que la sonoridad sea relativa, al del nivel conversacional normal.

Cuanto exponemos, está en correlación con investigaciones de programas de protección de la audición y de la percepción de sonidos de alarma en la industria, WILKINS*. Razón por la que no sólo se incluyen aquellos sonidos emitidos internacionalmente para alertar, sino en conjunción con otros de peligro inmediato en maquinaria en funcionamiento.

Exponemos seguidamente, la gama sonora de las secuencias de

alerta, situación indicadora, y desactivación ó duración, en la cabina del precitado Airbus 300B.

SEÑAL ALERTANDO	CONDICION	SILENCIADO
GRILLO	De Pérdida por baja velocidad.	- - -
Taconeo / CLACKER	Sobrevelocidad	- - -
BOCINA.....	INTERMITENTE Configuración despegue	- - -
	CONTINUA ... Configuración	Con Audio Cancel
	Tren de aterrizaje	Con Audio Cancel Con Tren en Off.
	Fuego motor.....	Con Audio Cancel Canc.Fuego Campan Actuando su manilla
CAMPANAS CONTINUAS...	Fuego A.P.U #.....	Con Audio.Cancel Actuando su manilla
CARGA DE CABELLERIA..	Desconectado el Piloto automático	3 " de duración.
CHASQUIDO/CLICK ...	Cambio capacidad AFCS #	0'8" de duración.
CARRILLON REPETITIVO	Alarmas rojas (fallo sistema)	3 " de duración.
SONIDO UNICO CARRILLON	Alarmas ambar (fallo sistema)	1 " de duración.
RE § REPETITIVA ...	Altura de decisión (nota musical) Actitud alerta.	1 " de duración. - - - Con botón Selcal Presion ""hablar. Con Audio Cancel.
ZUMBIDO INTERMITENTE	Llamada Selcal	1 " de duración.
ZUMBIDO CONTINUO.....	Llamada Cabina Señal evacuación desde cabina.	3 " de duración.
BOCINA de EVACUACION	Señal iniciar EVACUACION	Desconec.su botón

Los parámetros rectores de estos equipos, lo son en base a:

- 1) su audibilidad, corresponde al nivel sonoro básico que han de tener, para que deliberadamente puedan ser oídos dentro del ruido enmascarador.
- 2) atención que exige, llamémoslo, como la habilidad de despertar atracción de la atención de una persona, teniendo presente que ello ha de suceder en situación inesperada.
- 3) reconocimiento, es decir identificación por rápida discriminación.

De éstas últimas, y casi como obligado recuerdo tenemos, desde los avisadores de derrumbe inmediato en minas MICHAEL*, de los procurados por máquinas estampadoras, carretillas elevadoras CHRIST*, en línea de evitar una muerte absurda.

La credibilidad de las alarmas ha sido cuestionada por autores como JANIS* , LATANE & DARLEY.*

De forma muy suscita debemos hacer de dichas características, algunas observaciones de interés O.R.L.

De la audibilidad, es incuestionable que, operando en tierra, durante el mantenimiento en aeropuertos, las mismas deben, superar el ruido enmascarador ambiental. Lo mismo, aun cuando parezca paradójico, debe suceder con los índices sonoros en cabina, ya comentados como el S.I.L.#, y el ruido mixto de la estática y el aerodinámico.

LICKLIDER*, y WILKINS*, han sugerido técnicas para predeterminar los umbrales de enmascaramiento en presencia de determinados espectros de ruido. Preferentemente, utilizando bandas muy próximas a las más críticas del oído. El último de estos autores en su tesis, expone que en la predicción y medida de los umbrales de enmascaramiento, sean lo más exactos en ± 3 dB.

Es sumamente interesantes saber, si dicha señal va a ser uni ó bilateralmente recibida. Mejoras en los umbrales superiores a 15 dB pueden tener lugar, cuando la información es diferida a los dos oídos, por la separación de la señal de las fuentes del ruido y el el espacio, WEBSTER*

Existe una especificación norma ISO, la R226:1961, que establece los umbrales de audición de la población normal en condiciones de campo libre. La problemática se genera, cuando los límites absolutos de los umbrales en la audibilidad de una señal con ruido, pueden llegar a ser importantes, si están elevados, como consecuencia de una temporal ó permanente pérdida auditiva.

Densidades de Potencia Espectral. (P.S.D #)

Wilkins *

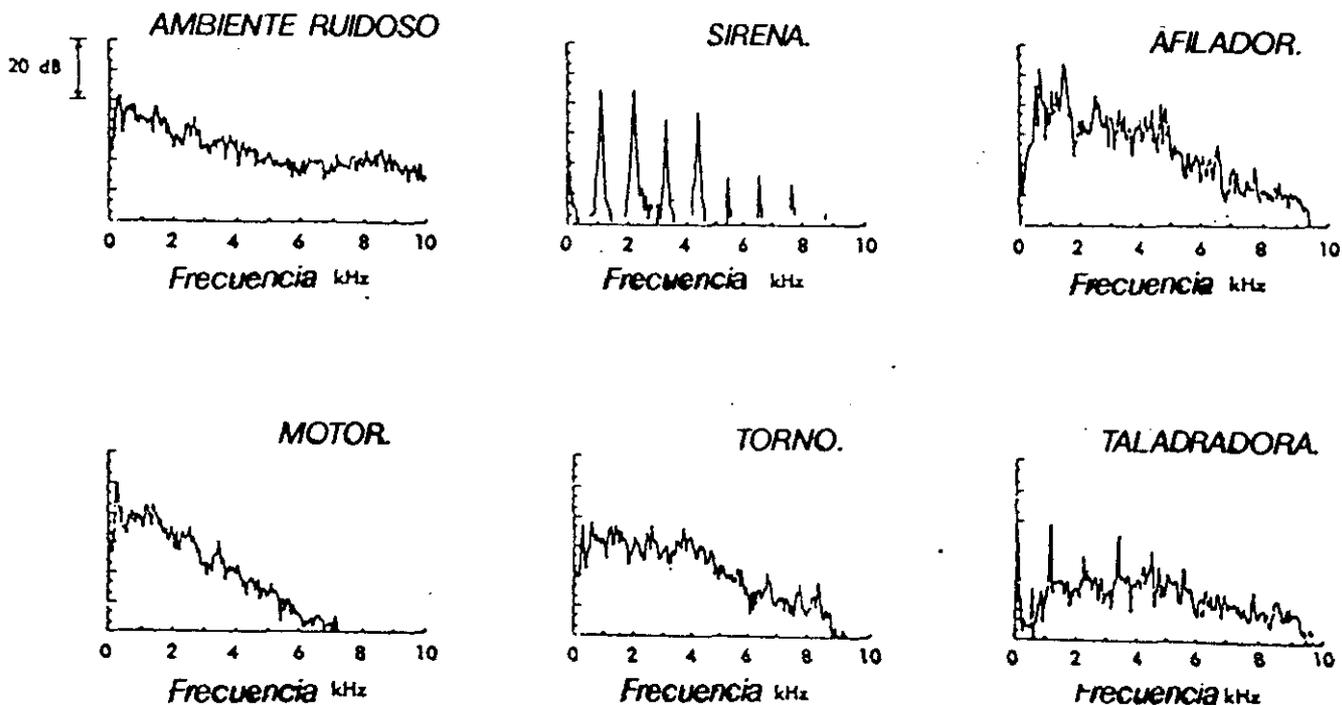


Fig.103

Se ha realizado la recomendación de que los sonidos de alarma tengan su componente principal en las proximidades de la frecuencia de 2 kHz, en razón de neutralizar las posibles presbiacusias y sorderas inducidas, de la población a atender.

En orden, al umbral mínimo necesario en un ambiente enmascarador, de que intensidad se precisa en el estímulo actuante. Para algunos podría definirse, como aquel que lograra un índice de respuestas, entre el 50 por % y el 70 por %. Los trabajos de WILKINS* & MARTIN*, sugieren que el sonido de alarma, esté en 12 dB por encima del umbral ambiental enmascarador, para obtener el 100 por % de respuestas.

Siempre se nos ha dicho, que el centinela de nuestros sentidos, es el estar siempre en alerta, DAVIS*. Por ello, la inatención puede perjudicar, la percepción del estímulo auditivo. Algunos, SEMONTAN Y COLAB.*, NEISSER*, aducen que los últimos sonidos de una emisión tienen una elevada importancia para la percepción individualizada.

Está demostrado que la sobre-elevación del umbral sonoro puede procurar, la inatención del sujeto, y se arguye, que una persona atareada en sus primaria actividad, la capacidad demandada de atención, puede ser tal que haya una insuficiente capacidad facilitadora, para la monitorización posible, del estímulo inesperado, KAHNEMAN*

WILKINS, & MARTIN**, realizaron una revisión, sobre el papel de la atención en la percepción de sonidos de alarma.

KREEZER*/**, determinó el umbral diferencial, como el resultante de deducir al umbral efectivo, el umbral existente. Lo mismo aplicó a los llamados tiempos de reacción diferencial, efectivo y, el dado. La figura nº 103, evidencia la potencia diferencial de la densidad espectral sonora, desde un ambiente ruidoso, al de la sirena, afilador, motor, torno, ó taladradora.

Estos mismos autores, WILKINS & MARTIN***/****, han realizado una serie de trabajos, sobre el papel de la atención en la percepción sonora, y del estímulo auditivo en inatención.

Del punto tercero, el del reconocimiento, es de gran proyección en aeronáutica, por cuanto su efectividad, dentro de otra gama de sonidos presentes, es la base de su función alertadora, y selectiva para las respuestas. Las figuras, 101 y 102, nos muestran, la ubicación de los componentes de "alertas sonoras" del Airbus 300-B, en su doble exposición, lugar y variedad de funciones, (página 106).

Aquí advertimos, lo importante del reconocimiento individualizado del sonido de alarma. En las aeronaves civiles se sitúa su número entre 5 a 9 como mínimo, el número de las mismas. DUROSS*, ha reseñado un índice de error del 20 por % , en la habilidad reconocedora de una gama sonidos usuales. La implicación práctica de tales errores, no es inmediatamente evidenciada, hasta en condiciones operacionales, que la alarma es percibida, su exacto significado podrá subsecuentemente ser obtenido desde el presentador de imagen visual.

PATTERSON & MILROY*, han indicado que los sujetos pueden rápidamente aprender entre 4 y 6 alarmas típicas de uso en la cabina de pilotaje de aeronaves civiles. Demostraron que de 10 sonidos eventualmente aprendidos, después de una semana, 6 de ellos podían ser correctamente identificados.

De lo anterior, salieron las regulaciones del Departamento de Defensa de Estados Unidos,* la llamada MIL-STD-1472b, condicionando dichos sistemas de alarma, a un máximo de 4 de gama diferenciable. VEINTENGRUBER & COLBRS*, en el estudio de sistemas de alerta, señalaron la importancia del número, y de sus estandarización en el uso.

Un ejemplo de ello, lo ha procurado la MIL-STD-411D, la cual recomienda 5 sonidos: actuador de alarma (master), saltar en paracaídas, tren arriba, ángulo de ataque / velocidad / de entrada en pérdida de velocidad, y radiación atómica (Departamento Defensa de Estados Unidos**)

EMSON*, en la temática de alarmas acústicas por fuego, como POTTER Y COLABRS.*, sobre valoración de alarmas audibles en vehículos con emergencia, han sido con las observaciones de SCHMITH & LUCACCINI, en investigación industrial, con los de percepción de estímulos auditivos en desatención de WILKINS &

TEST DE ALARMA A LA VOZ EN SIMULADOR DE F - 104

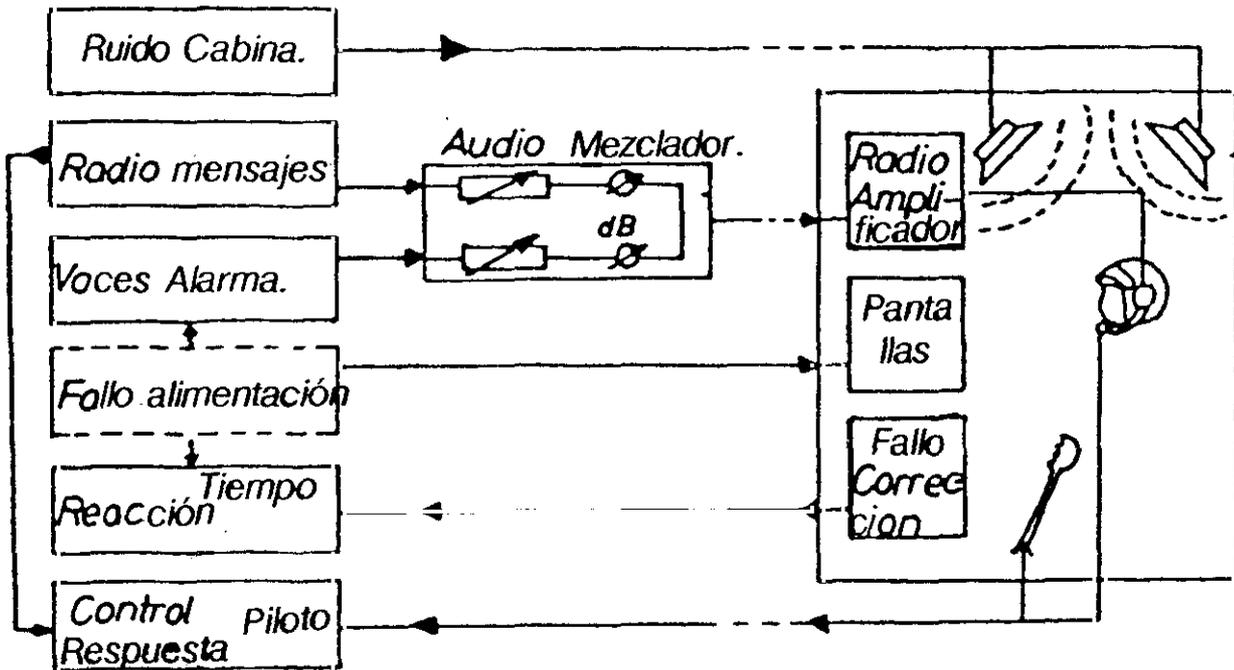


Fig.104

MARTIN****, la base de cuantas normalizaciones se han realizado en éste campo.

KEMMERLING & GEISELHART, han definido, el grado diferencial en el uso sistemas de alarma con voz, de los tonales en función de las tareas habidas. Se ha señalado, que los sonidos en ocasiones son insuficientemente diferenciables. Razón por la cual pueden producirse fallos perceptivos.

SPENCER*, y Colab. con otros han señalado que la existencia de menores latencias en las emisiones sonoras de alerta, no hacen más efectivas a aquellas.

REINECKE*, a través de sistemas de alarma a la voz (VWS)#, ha objetivado comportamientos, significativos según la faceta del piloto fuera helicóptero o reactorista. En un trabajo realizado en tierra y en vuelo con 5 pilotos del primer grupo, señaló que el tiempo de reconocimiento de una alarma por voz, se reduce con respecto a las del tipo luminoso, particularmente en vuelo bajo, y cuando se utilizan textos ó expresiones precisas.

En los más de 30 años de evolución tecnológica, en éste campo, se ha pasado del almacenaje, valga la expresión de los mensajes, en cintas magnéticas, con limitaciones conocidas. A la utilización de sistemas digitalizados, y con voz sintética; base de ésta II generación de sistemas de alarma por voz (VWS).

El segundo grupo de pilotos, que investigó lo integraban 11 pilotos de F-104, valorandose la posible interferencia en

cabina entre los radiomensajes, y las alarmas con voz. El esquema del como se realizó dicho trabajo, se muestra en la fig. n° 104, donde se practicaron en conjunción de radiomensajes del ATC #. Simulandose tobera abierta, aceite del motor, inoperatividad del piloto automático, fallo de generador n° 1, fallo de frecuencias radio, etc. Disponían de alarma luminosa, en los cuatro últimos citados.

Como es lógico, se midió, el tiempo de reacción, el del inicio del fallo, y detención al realizar el procedimiento correcto de neutralización. Los mensajes interfono, en sus niveles aferentes por radio fueron medidos, así como las VWS seleccionadas por los sujetos.

Podemos en el momento decir, que varias casas en helicópteros están a punto de lanzamiento, del control de voz de dicha máquina, particularmente en vuelo bajo, por liberar la tarea del tripulante, en orden visual, en referencia al control del panel de instrumentos, KEMMERLING & COLAB.*

En pilotos de ala fija, se observa que las alarmas luminosas en combinación con las acústicas, en gran número de ocasiones procuran reacciones lentas. El grado de interferencia que éste sistema, puede añadir a las tareas por radiocomunicaciones en el piloto único a bordo, es quizás uno de los considerandos, más importantes de evaluar.

Las presentaciones y discusiones concernientes a las comunicaciones aurales en aviación, revelan dos grandes problemas. Uno, el que los sistemas de comunicaciones son básicamente inadecuados y notriamente variables, para la comunicación por la voz, excepto para la transmisión rutinaria, que frecuentemente es lenta y difícil.

En ocasiones cuando es especialmente importante, que la información sea recibida con facilidad, esa comunicación es difícil, más aún rutinariamente por la pobre calidad del equipo, poco aceptable para las tareas del tripulante.

El segundo más destacable problema, es el que dicho tripulante experimenta previsibles pérdida de audición, por ruido inadecuado. Problema éste, muy conexo con el anterior. Estando de acuerdo, que el tripulante con mayor pérdida auditiva, tendrá una mayor dificultad de percepción de la comunicación utilizando un equipo inadecuado, y a su vez, el propio equipo es generador del ruido, que causa la pérdida auditiva de aquel.

La velocidad de progresión en su sordera del piloto, al margen de los ruidos de los motores, de sistemas de armas a bordo, e incluso hasta de sus aficiones cinegéticas, está propiciada, por la intensidad de los clicks, chasquidos, estática, voces, y otros ruidos ambientales, que le obligan a incrementar el volumen en sus auriculares mientras vuela, en

disposición de oír.

La mayor parte de las fuerzas armadas tienen el criterio por el cual, tripulantes entrenados son considerados inadecuados para la práctica del vuelo, si la pérdida auditiva es demasiado grande.

Este criterio no es moderado, y es justo el decir, que la mayor parte del público que excede éste criterio, tenga un handicap social. Autorizaciones individualizadas para volar, y poder realizar su tarea segura, en base a su gran experiencia, les exige el máximo volumen en sus auriculares, lo que conlleva un mayor esfuerzo, e incremento de su pérdida auditiva.

El mayor esfuerzo tecnológico ha ido dirigido, a dotar de la más alta calidad a los sistemas de comunicaciones a bordo, asegurar aquellos a través de la voz, a prevenir las pérdidas por el ruido inducido, y la interferencia.

Algunos autores han criticado, la evolución, haciendo comentarios de que, estamos usando sistemas de comunicaciones de la era de los dinosaurios, en contraste con la actual era espacial, MONEY*.M

Los objetivos son posibilitar la más alta calidad en los sistemas de comunicaciones, con efectividad en la protección contra el ruido, junto a que la eficacia operacional, incrementalmente la seguridad en vuelo, y se asegure, la salud del tripulante.

Seguidamente señalamos, desde el punto de vista O.R.L., las áreas de investigación implicadas en obtener dichos logros:

1) Características físicas de la voz hablada

----- .- De la señal hablada su contenido de vital información es la amplitud, dinámica y espectral.

Adecuación para reproducir las señales habladas, así como la inteligibilidad de un mensaje, identificación de la voz, y otros pormenores, que son utilizados en rápidas y eficientes procesos de comunicaciones, no sean degradados

2) Diseño de sistemas ideales para la transmisión y recepción

 ción hablada (oral)

----- .- Comprenderá todo lo referente a las características de micrófonos, preamplificadores, transmisores, receptores, sistemas de intercomunicación, auriculares, y receptores telefónicos.

Mejorando las características del sistema, y en particular el efecto de distorsión, (por ejemplo: frecuencia, armónicos, descrestado de pico de onda) de la inteligibilidad hablada, en ambientes de normal y elevado ruido.

3) Tests de la Inteligibilidad Hablada

Validando, los tests hablados, que son comunmente utilizados en evaluación. Particularmente, en aquellos que son sensibles a efectos de distorsión, y que medirán otras sutilidades del habla.

El examen, de ¿ como los actuales sistemas inadecuados fueron comprobados?.

4) Coste de los ineficientes sistemas

.- Comprende, desde el daño auditivo procurado por la elevada energía acústica de los sistemas de comunicaciones. Hasta el significativo fracaso ó inadecuación a la comunicación hablada, ó de sistemas de alarma por voz en operaciones militares, por el coste de entrenamiento, a costa de la reducción de la operatividad.

5) Evaluación estandar de los Sistemas Electrónicos Militares de Comunicación Hablada

.- En base al ideal de aplicación, comparar los sistemas actuales, dentro del estado tecnológico. Como es lógico, para mejorarlos.

6) Alarmas y Controles audibles

.- En ésta área, el devenir es muy grande por existir, una pugna de imponer la voz a timbres de alerta (alarma).

El grado de discriminación de éstas últimas ha de ser máximo. Así como, el número utilizado, (algunos pilotos lo significan en aeronave, como en el caso de la diferencia entre el AIRBUS 300 con el 310-320).

Dotar en aquellas de tipo sintetizado de relativa similitud con la voz humana.

Relación de las alarmas con los niveles conversacionales de cabina, (SILO#). El uso en conjunción con la presentación visual (pantallas) de datos.

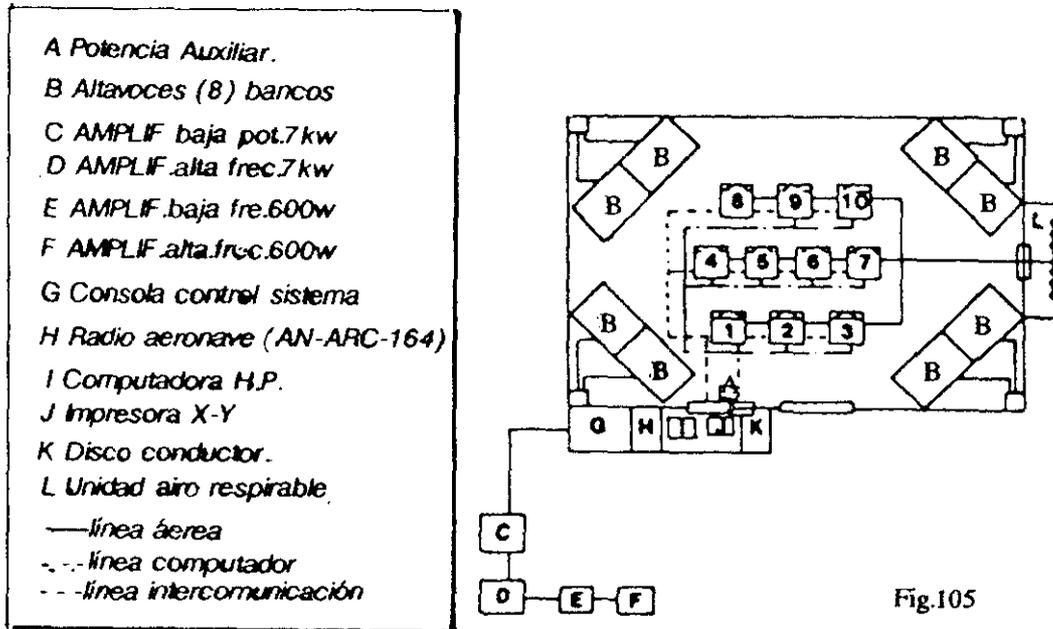
Gobierno y control de la aeronave, activados por la voz. Interferencias procuradas por la voz en comunicaciones.

7) Estandares de Audición

.- Correlación con las tareas ocupacionales que se ejercen.

8) Conservación de la Audición

.- Tratado aquí solamente desde, el punto de vista de las radiocomunicaciones, como fuente ruidógena, en el ambiente aeronáutico, como seguidamente lo vamos a hacer. Comprende a las tripulaciones que ubicadas en tierra ejercen el apoyo al vuelo, como las que a bordo de las aeronaves lo realizan.



Completando lo anterior, tratamos sobre la investigación de la comunicación por la voz, y su sistemática evaluadora.

McKINLEY*, de la División de Bioingeniería del Laboratorio de Investigación Médica Aeroespacial de Wright Patterson, ha contribuido al conocimiento de las fuentes degradadoras en las comunicaciones habladas. Por una variedad de factores, como, el ruido eléctrico y acústico, radiointerferencias, y otros.

Utilizando el equipamiento, denominado, VOCRES #, (figuras 105 y 106) ubicado en dicho laboratorio, y desarrollado para el análisis amplio, y mejora operacional de las comunicaciones por la voz.

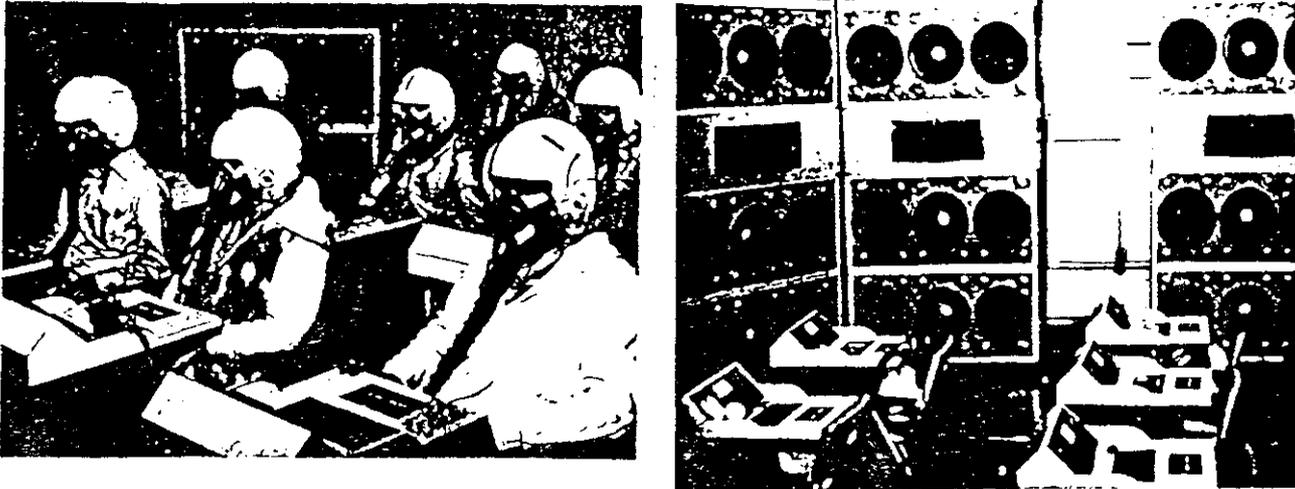
En esencia, tratase de una estación múltiple de comunicaciones por la voz, afín al equipo estandar que dota las aeronaves de la USAF, un equipo personal de casco de vuelo, con mascarilla, con un diluidor y regulador del sistema de oxígeno, tipo A-19 al principio, una base de datos, en línea con un computador, y un sistema de análisis, que presenta los datos en tiempo real.

Este sistema, está ubicado en una gran habitación (para exploración de 10 candidatos) con reverberación, y contenedora de una fuente sonora programable, con capacidad de reproducción, del espectro, y nivel de algún ambiente ruidoso operacional de dicha Fuerza Aérea.

La efectividad de la variedad de tests estandarizados (HOUSE* & COLABRS, y VOIERS*) usados en la comunicación hablada, lo son para asesorar alguna característica de la unificación en la comunicación total por la voz.

En valoración de lo anterior, éste equipo, permite, reproducir, en condiciones casi reales, los problemas de la comunicación hablada, es decir por parte de los candidatos en su

Fig.106



examen, utilizan un equipo casco de vuelo, con su unidad de oxigenación, lo que en la práctica reproducen los problemas microfónicos, (vease en la figura 107 , el nivel de presión sonora dentro de una mascarilla oronasal, debido a la transmisión del ruido de cabina a través de las válvulas y paredes de aquella, y al hablar).

Así, a su vez deben oír con las perturbaciones ambientales, debidamente programadas, y evaluadoras del ruido espectral operacional, como en aeronaves y zonas de bases altamente ruidógenas. Y, en otra vertiente, los tests utilizados, son refrendados, con indicaciones en las pantallas dispuestas en sus respectivos pupitres, al tiempo que sus respuestas, están condicionadas, a una serie de interruptores ó pulsadores que deben de activar, todo ello en tiempo real, y con registro individualizado.

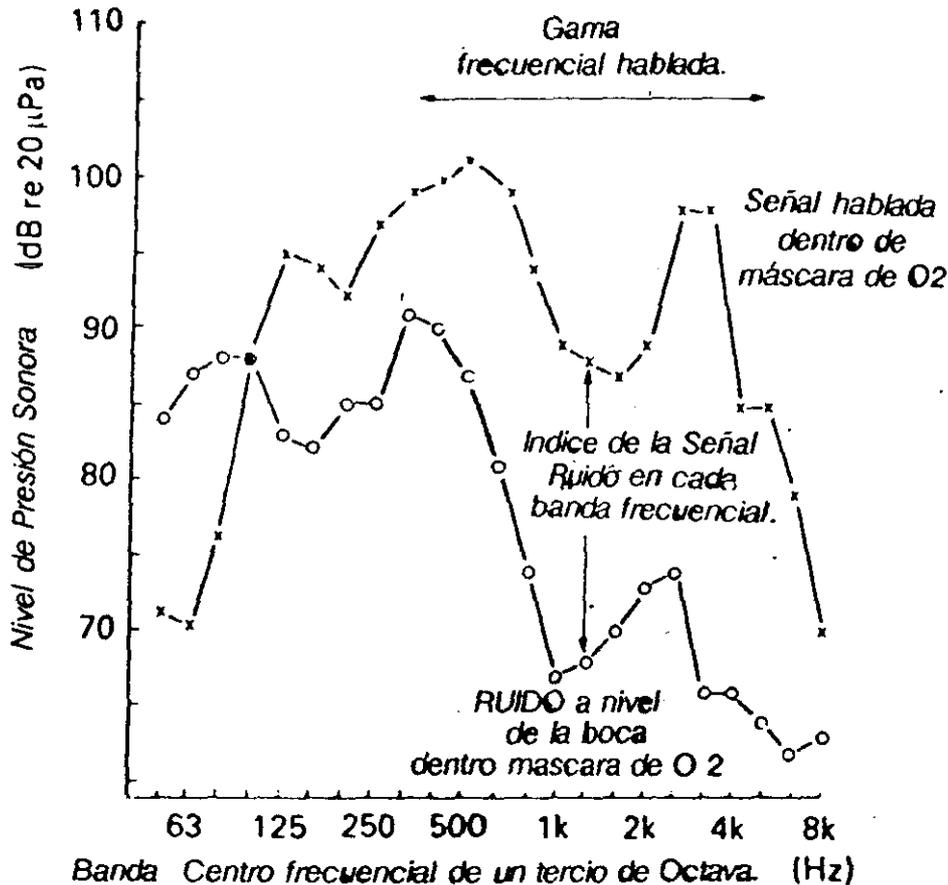
Por ello, el VOCRES #, constituye, el laboratorio semiautomático, para testar los sistemas de comunicaciones orales, en sujetos humanos, en comunicación ambiental real, tanto para seguimiento de investigación, como para evaluación de la efectividad, de los sistemas de comunicaciones de dichas Fuerzas Aéreas.

Finalmente, y aún cuando los hemos citados, la trasducción de la voz para su conversión en señal eléctrica, puede realizarse, a través de un micrófono de ubicación en la ya referida mascarilla oronasal, en un laringófono, ó finalmente, en un microfono cancelador del ruido ó de presentador.

Por su interés O.R.L., señalamos sus características, y definiciones de uso. Refiriendonos a los montados en las mascarillas de los equipos del casco de vuelo, debemos destacar, que tienen las mismas propiedades atenuadoras del ruido para las bajas frecuencias, que aquellos, no protegiéndose al incremento frecuencial.

Las resonancias en ellos, cuando funcionan diferentes partes de la máscara, válvulas, flujo mezcla respiratoria, oca-

Fig.107



sionalmente producese alta sonoridad dentro de ella, que fuera de la misma. No obstante, procuran un buen nivel de adecuación para la inteligibilidad en la salida de dicho equipo, reiteramos la fig. 107, como prueba de su aceptable bondad funcional, no obstante, las tripulaciones, los señalan en elevado número de ocasiones, de fallo ó culpa en las comunicaciones.

Los laringófonos, son menos receptivos al ruido de aeronave, y por ello poden neutralizarlo, tienen una significativa ventaja sobre, los micrófonos anuladores de ruido. No obstante tienen una limitada capacidad multifrecuencial, con preponderancia de los componentes infrafrecuenciales, vease en la referida figura, la gama desde 63, 125, 250, 500 Hz., por ello, aún cuando dán una buena señal, no son de alta inteligibilidad.

Las emisiones vocalizadas, son de muy buena modulación radiotelefónica en base a su rica gama vibracional, en tanto que las, que comportan dominancia de consonantes, son muy pobres. Dando lugar, a inmodulaciones molestas, para los ocasionales oyentes.

Su uso ha estado en razón, de sí lo que pierde en calidad, lo gana en el rechazo del ruido (reyección sonora del ruido de la aeronave). Siendo comunmente usado en helicópteros, y en algunos puestos, en particular, como el tripulante que

utiliza el cabestrante, de recuperación en las operaciones , SAR #.

De los micrófonos anuladores del ruido, son unos transductores ideales, y por ello, altamente eficientes en su uso. Su capacidad anuladora, está en relación con las frecuencias, y preferentemente, en la gama de las bajas, es donde mejores comportamientos se obtienen.

La discriminación al ruido, también llamada por algunos, reyección, en éstas frecuencias bajas alcanzan valores de 30 dB, con un máximo teórico de 45 dB en los 100 Hz. Por contra, los fabricantes, los presentan con una discriminación al ruido, superior a 10 dB en la frecuencia de 4 Hz, en tanto que otros no presentan ninguna.

De las distintas aeronaves, las de ala rotatoria, helicóptero, suelen disponer de dicho equipamiento por la anulación al ruido que procuran, a sus tripulaciones. Tienen un notorio handicap, y es, el exigir estar prácticamente tocando los labios, para que no pierdan su eficiencia, ya que simplemente 2 m/m que los separe, pueden deteriorar significativamente los índices de ruido.

Sólo reseñar, los trabajos que sobre interferencia en la comunicación oral han realizado MOORE*, y los citables HOUSE & COLABRS*, WEBSTER*, ASCHER & COLABRS *, y NISON & COLABRS* citables, en el cual recogen, que el entrenamiento en sujetos simples, mejora la habilidad de escucha de dicho tipo de comunicación, bajo condiciones de ruido e interferencia.

Sus resultados, muestran que el dicho entrenamiento mejora, las características del oyente, bajo las condiciones ambientales a que fueron sometidos. Enunciándose la necesidad de que se cuantifiquen los efectos de la fatiga, de las características de especificidad del enmascaramiento, como lógicamente de las diferencias individuales del oyente.

3.1.3.6 Ruido Aeronáutico:

----- Resultante del funcionamiento de una aeronave, es desde el campo O.R.L., de un interés(por la especificidad de su patología) y amplitud, (dado el volumen de público inmerso en el mismo), el que debemos valorar, por cuando sus efectos de nocividad, ruidógena, no sólo afectan de inmediato a sus profesionales tripulantes, sino también a los pasajeros, usuarios accidentales. Y, de forma indirecta, a cuantos laboran en su entorno, ó viven en áreas próximas a la ubicación de los aeropuertos ó bases aéreas.

Consecuentemente, trataremos su exposición en base a ésta interdependencia, la cual vamos a ver reflejada, desde el punto de vista, de la noxa nociva, el ruido aeronáutico, en

RUIDO AERONAUTICO.

Area de AGRESION

Motores

Hélices
A.P.U.

FUENTE →

Ubicación geográfica

Condiciones atmosféricas

Aerodinámica

Toberas

T.escape

EMISION →

Horario.

Lugar.

Fecha.

Estación
A.T.C.

Paso/Tránsito.

Velocidad sónica,
hipersónica,
hiperveloz.

Altura: alta/baja cota.

Legales: FAR 36,
FAA,OACI.

SERVIDUMBRES →

POBLACION AFECTADA:

Profesional: Tripulación volante.

"" "" de línea de vuelo.

"" "" de apoyo y mantenimiento.

Mercantil: Pasajero.

Laboral: de Instalaciones/Servicios,...

Habitante/Residencial.

Especies zoológicas autóctonas.

Area NEUTRALIZACION

Aislamiento Motores.

Dotandolos de Silenciosos.

← FUENTE <Potencia Areas Maniobra

Mejora aerodinámica.

Aeropuertos: Edificios,
Fingers,

← EMISION Movimiento aeronaves,

Apantallamiento:fijo/móvil.

Zonas de Vegetación.

Confinamiento

← SERVIDUMBRE

RESULTANTE:

(Efecto patológico/lesivo)

GENERAL

PROPIO/SELECTIVO

S.Sano: Piel,S.N.C.,AR,AC,AD,
AUG,Metabolismo,etc

Sujeto enfermo:Neurosíquicos.
Cardiópata.etc.

S.Sano: Trauma sonoro.
Hipoacusias.

Con otopatía:> Pérdida auditiva
Disfonías.Laringopatías

Senda aproximación.

Potencia aproximación.

Horario operacional.

Area de Sobrevuelo:

a baja cota.
supersónico
Bang sónico.

Fig. 10

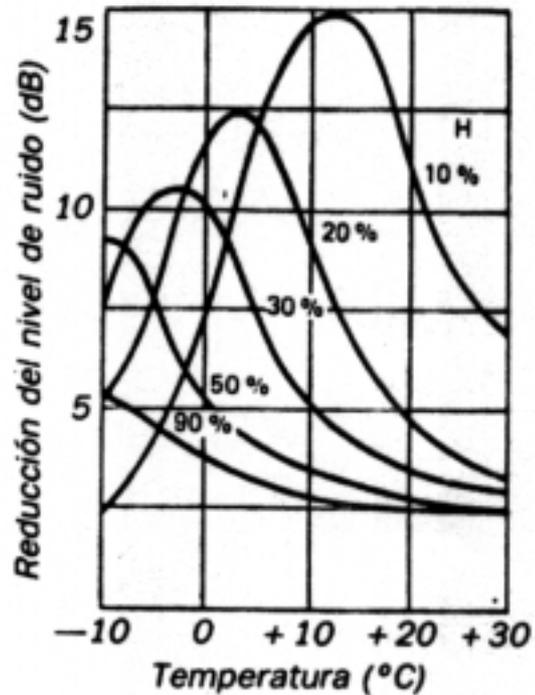
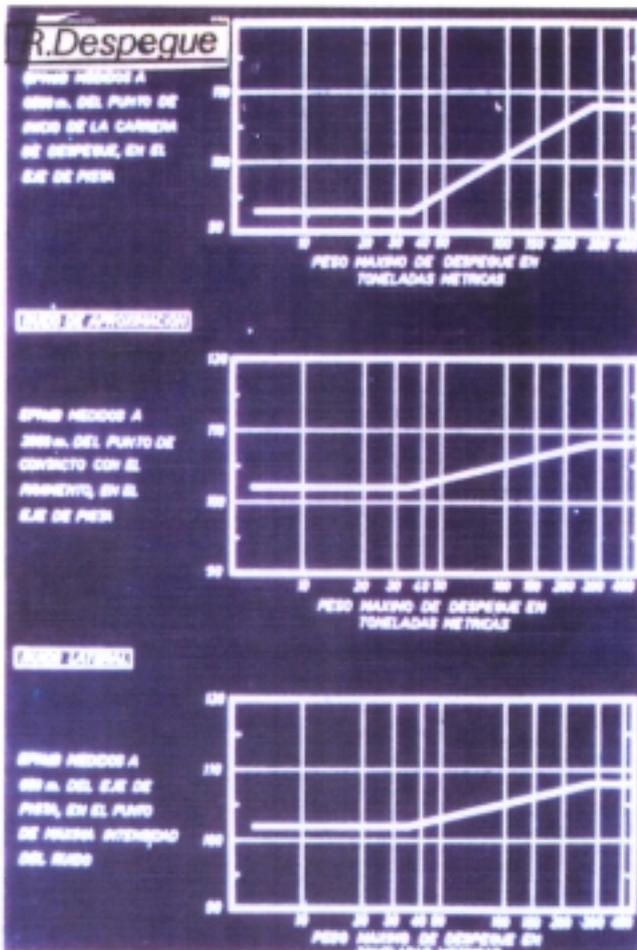


Fig.109

tres facetas : su fuente, su emisión y sus servidumbres. De las medidas para neutralizarlo, en esas tres facetas. Para que su patología, desde el trauma sonoro, sordera profesional, y alteraciones biológicas en humanos, en sus estamentos, profesional del vuelo, de apoyo a aquel en la línea de vuelo, de mantenimiento, y de operaciones aeroportuarias (desde los empleados hasta los usuarios), como los integrantes de comunidades en áreas habitables, y residenciales, hasta su acción sobre las faunas y especies zoológicas propias.

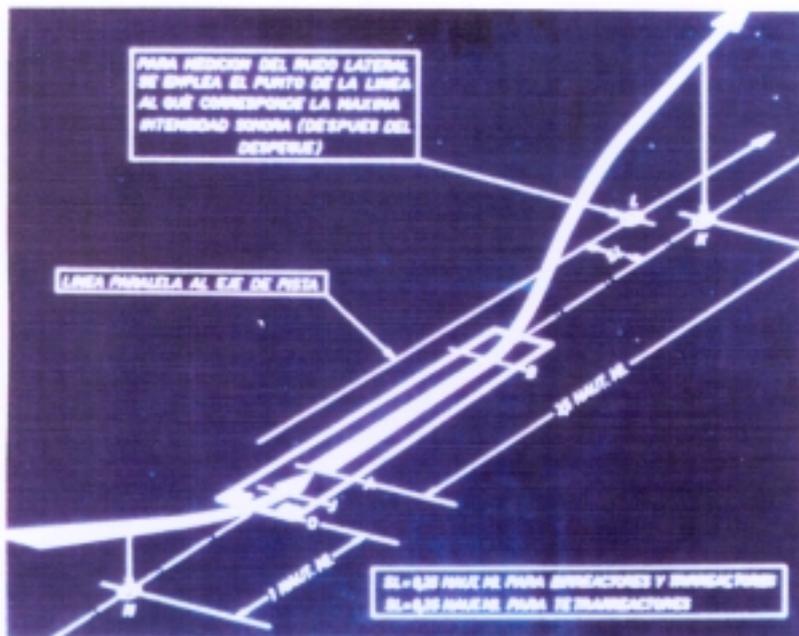


Fig.111

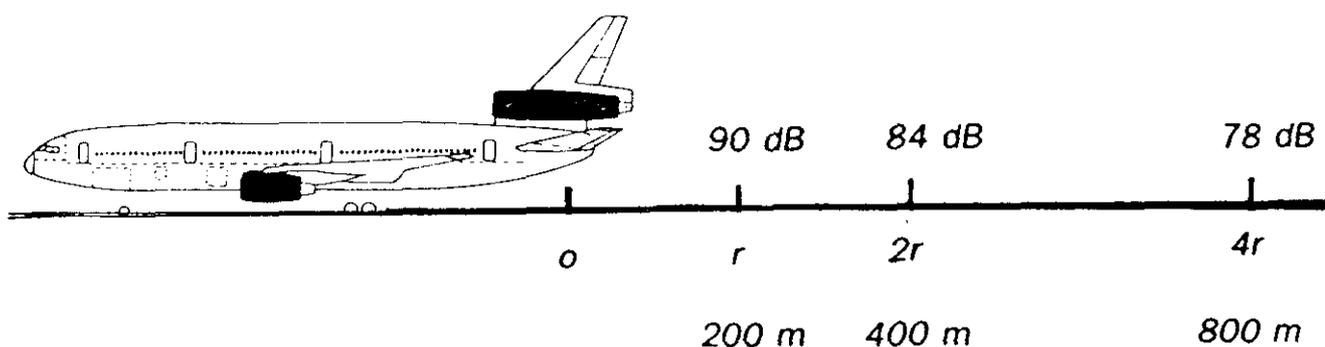


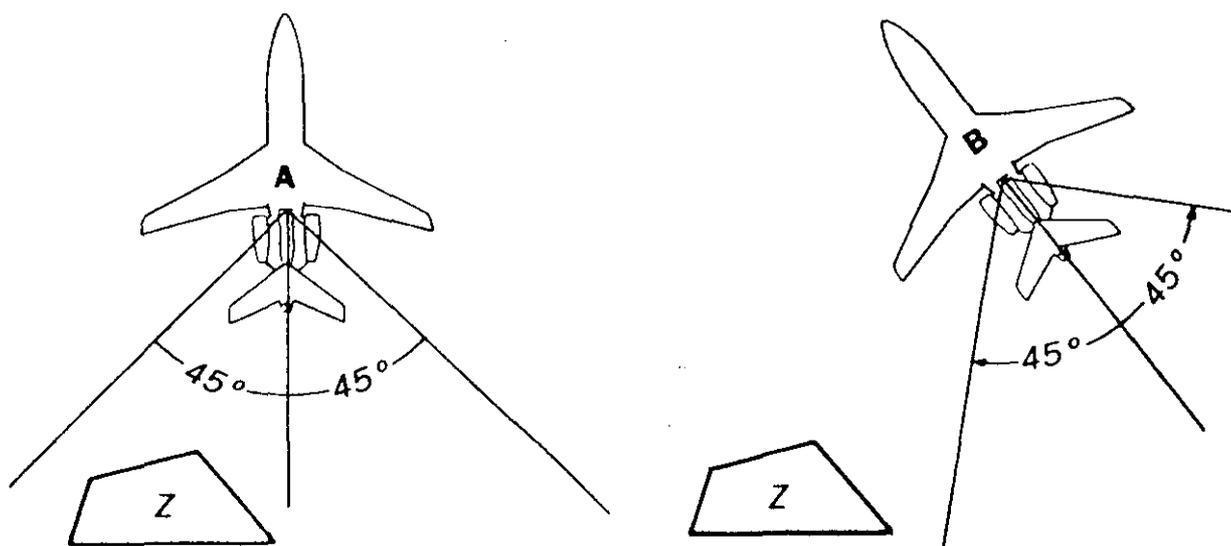
Fig.112

En base a ello, hemos elaborado el esquema expuesto en la figura n° 108, el cual seguiremos como vía de exposición.

De las fuentes, hemos señalado de ellas en anteriores apartados, cuanto a motores, toda su gama, de convencionales ó de explosión, de turbinas ó a reacción. Como, del generado por las hélices, por diversos tipos de motores impulsadas. Tanto en el suelo, estacionamiento, como en movimiento, rodaje hasta en el propio vuelo. Hemos visto, los espectros frecuenciales, y las intensidades, dejando el considerando del tiempo de actuación también, señalado ocasionalmente.

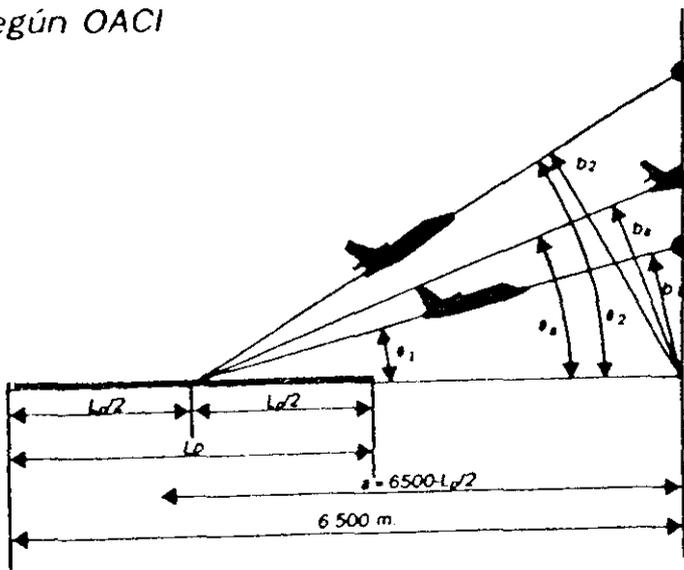
Cuando hablamos de los turbo reactores, ya significamos, su diferenciación evolutiva en orden a incrementar su potencia con el menor consumo, y a su vez a reducir, la generación de ruido por el motor. En su progresión tecnológica, se pasó del de flujo único, llamado puro, como el Pratt & Whitney JT4, que equipó al Boeing 707, el cual, ya en 1.959 las autoridades del aeropuerto de Nueva York, le exigieron que para poder operar en él, su índice de Nivel Efectivo del Ruido Percivido (EPNL)#, no podía exceder los 112 dB.

Fig.113 *Reducción de ruido por giro del avión en caso de prueba de motores.*



Medición del ruido de aeronaves en despegue (arriba)

a.— Punto de medición del ruido, según OACI

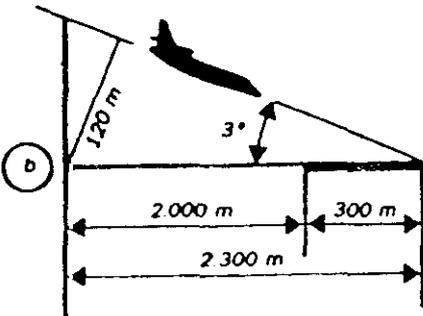


Como resultante de lo anterior, surgen los turborreactores, llamados de segunda generación ó de doble flujo (D), y motores, como el P.W. JT3"D", son los aconsejados para sustituir, los iniciales del 707 mencionado, sino también para equipar al DC-8.

El ruido por nosotros oído de un motor de reacción, procede de dos zonas, de la tobera de escape (a la salida del chorro de gases; siendo las altas frecuencias, las más incidentes en sus inmediaciones, para a distancia dominar, las medio y bajo frecuenciales), y del compresor. Las figuras 79 y 80, nos ponen en primer plano cuanto ahora tratamos. (Fig 80 (1) (2)).

y en aproximación (abajo).

b.— Punto de medición del ruido, según OACI



En los álabes del rotor y en los del estator del compresor se generan, los ruidos frecuenciales altos, que tanta molestia procuran, al posicionarnos frontalmente a ellos.

El advenimiento, de la tercera generación de los turborreactores, los turbofanés, por el gran frontal, que el ventilador presenta, le permite que al doble flujo de los anteriores, incorporar, mejor refrigeración, y una notable reducción sonora, puesto que el número de álabes de estos fanés ó ventiladores, de gran tamaño y menor número, determinan un alto nivel de derivación (superior a 4/1), hacen que predomine el ruido de éste sobre el ruido de escape de la tobera de salida,

Medición del ruido en aeronaves rodando por la pista

C.— Puntos de medición del ruido, según OACI

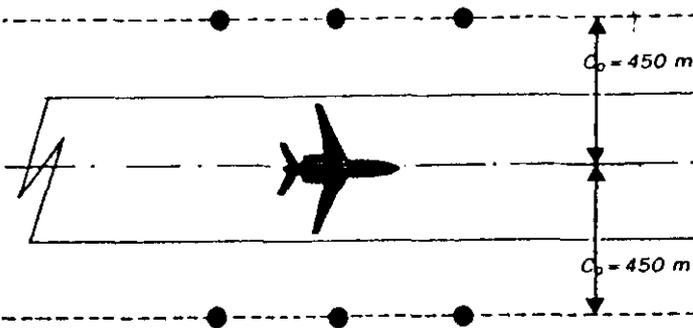


Fig.114

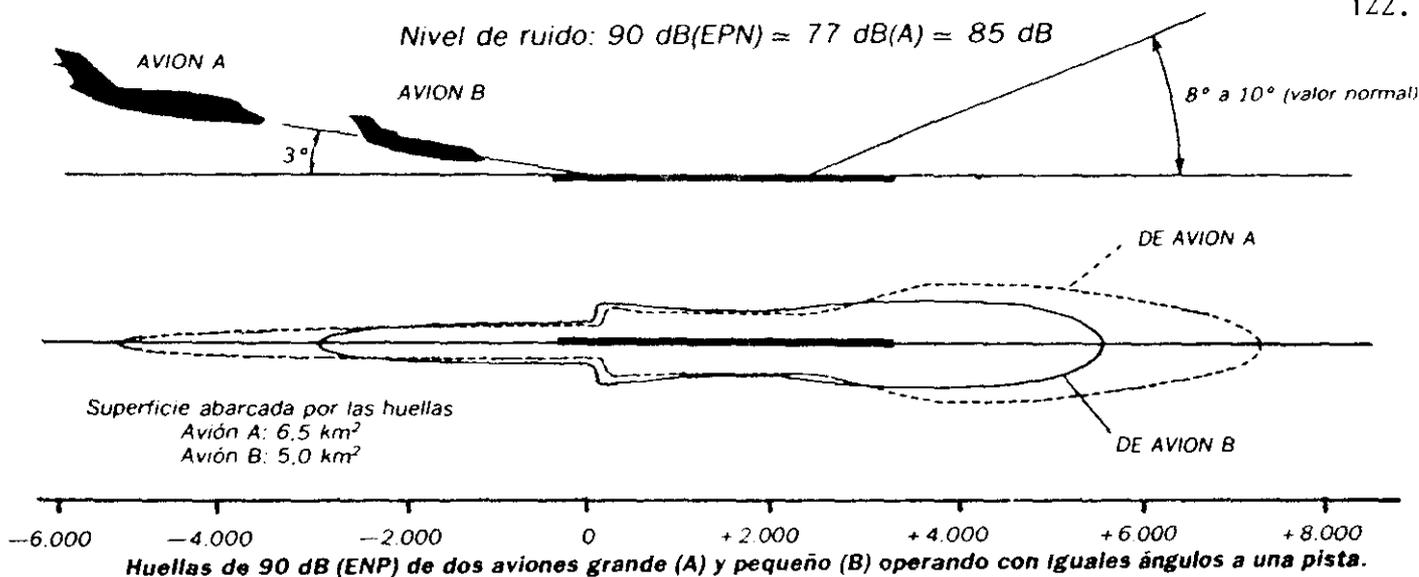


Fig. 115.

notablemente perceptible, cuando hablemos de la huella del ruido, en régimen de aproximación (Figura n° 115), y despegue.

De las fuentes sonoras aeronáuticas, un capitulado no muy señalado, corresponde a las A.P.U. #, hasta hace poco, ubicados en las proximidades de la aeronave estacionada, y hoy día incluidos dentro de los sistemas de que van dotadas las aeronaves, al objeto de facilitar su máxima operatividad.

Estas unidades en tierra se utilizan para suministrarle energía eléctrica, e incluso ayudar a su ocasional desplazamiento. Lo que pudiera parecer, una buena medida, al no tener que mantener, un motor de la aeronave en marcha, como necesaria fuente de carga para los diferentes sistemas, del aire acondicionado, de equipos de a bordo, etc. por el gasto y el ruido generado, han resultado en muchísimas ocasiones, un nuevo factor más en la cadena de generación del agresor, ruido aeronáutico.

Ya que dichas unidades, están dotadas de diversas gamas de motores, altamente revolucionados, con tubos de escape mínimos, para evitar su calentamiento, al tiempo que los capos laterales son abiertos, para mejorar su temperatura, por estar inmovilizados. Esto hace, que su acción sonora, sea en la mayoría de las ocasiones, muy quebrantante para los que operan en sus inmediaciones; sus gamas frecuenciales, tienen picos de intensidad, por sobrerrevolucionarse, por ciclos, ó al variar la demanda de energía, las bajas y altas frecuencias, son sus más activas actuantes.

De los vehículos utilizados en el avituallamiento de la aeronave, no hacemos mención sonora, si cumplen la legislación vigente, en cuanto a niveles de emisión sonora.

La emisión sonora, está condicionada a múltiples factores, de la ubicación de las personas en distintos puntos, y distan

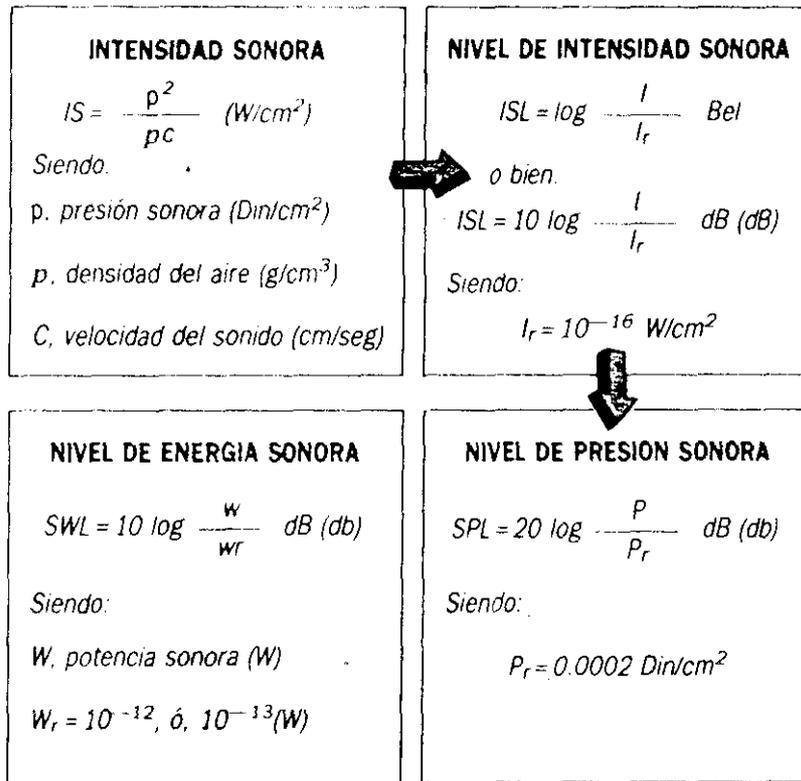


Fig. 116

Definiciones de niveles acústicos.

cias, de la fuente emisora, en las figuras 81 , parte inferior corresponde a un motor único en funcionamiento, a un birreactor, en dos gamas actuantes, de ralenti y potencia de despegue, (en su parte superior).

Así, como en la figura 82, donde vemos en imagen comparativa, las actuaciones, de un turbohélice, un biturborreactor, y un avanzado turbohélice, como individualizadamente en la figura 93 de un tetra-turbohélice.

La ubicación geográfica, de los aeropuertos, zonas de tran-

116 bis

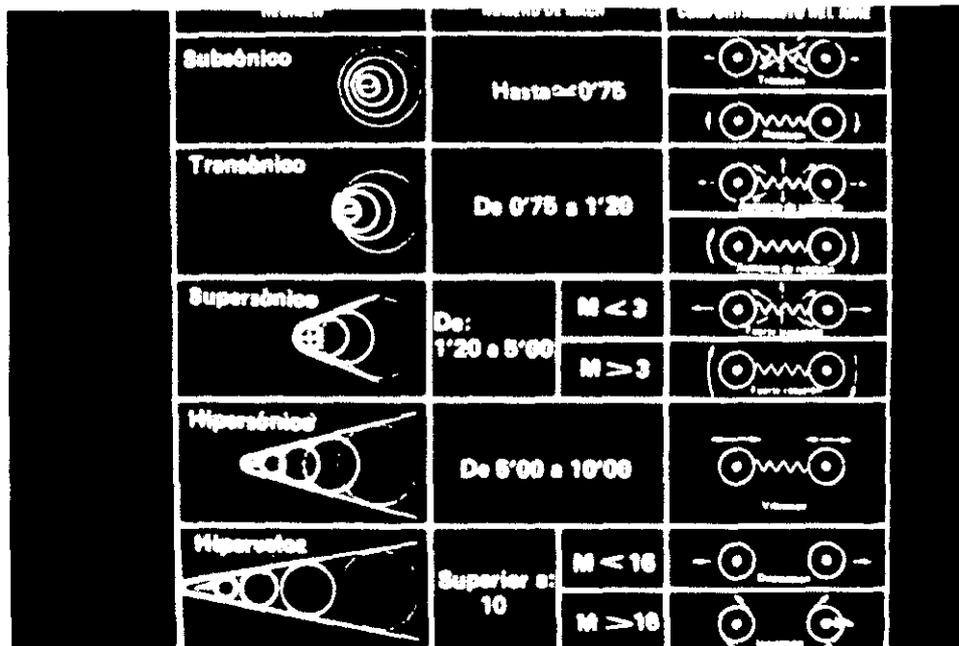
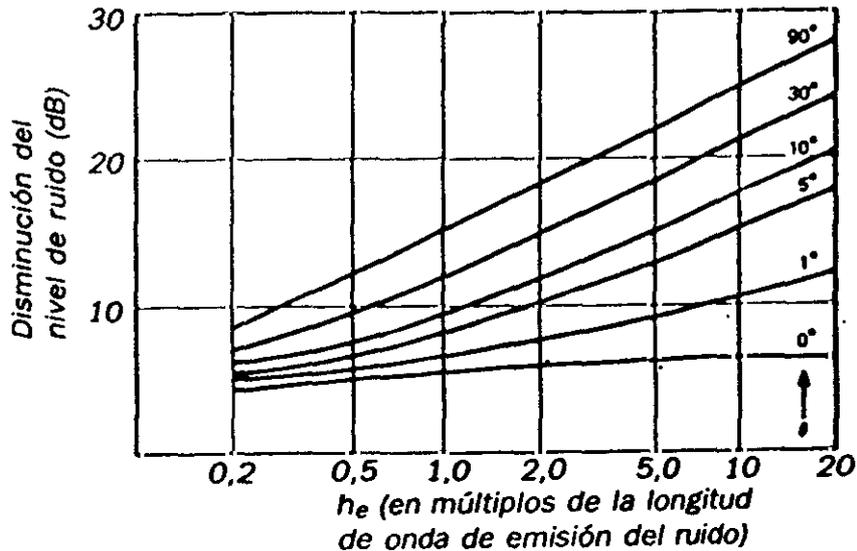
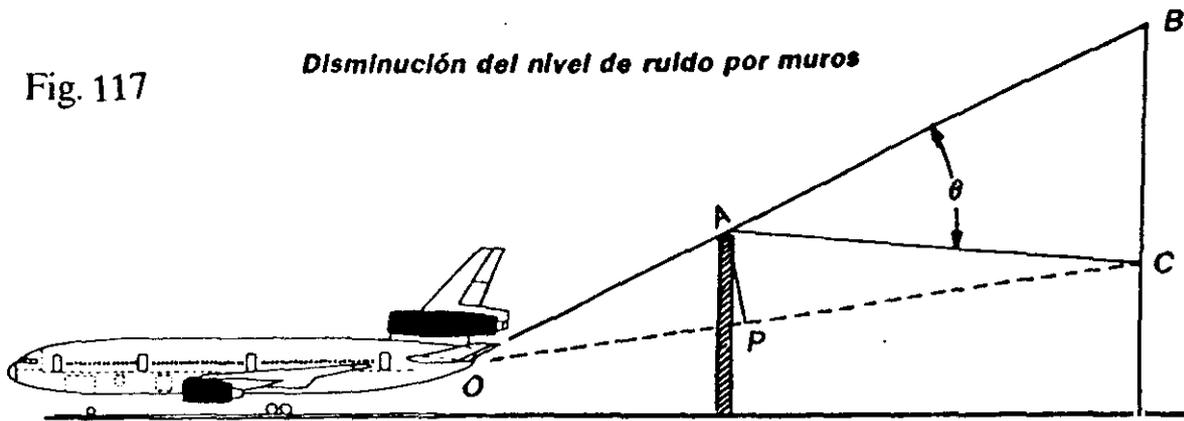


Fig. 117

Disminución del nivel de ruido por muros



sito en vuelo, aerovías, etc. en área entre cadenas montañosas, valles, en línea de costa, son por la influencias meteorológicas: vientos, grado higrométrico, (Fig. nº 109), temperatura y presión atmosférica, de notable estimación, en la propagación sonora, generada. De hecho en la referida gráfica, se muestra, como aumenta notablemente, aquella, en relación al incremento de la humedad relativa, y descenso de la temperatura.

Se ha definido el ruido, como todo sonido, desagradable y molesto BARON* & COLABRS. La Real Academia Española, define al ruido, como un sonido inarticulado, y confuso, más o menos fuerte. Teniendo su valoración subjetiva, una difícil valoración, según lo quiera delimitar el individuo.

Ya en 1.972, en la Conferencia de las Naciones Unidas que sobre el Medio Humano, se celebró en Estocolmo, se estableció que la lucha contra, la llamada agresión sonora, supondría una alta calidad de vida.

En el transporte Aéreo, los problemas de las emisiones sonoras de los aviones, parecen ser una seria amenaza a su desarrollo.

Varios son los considerandos a estimar, de un lado, el creciente interés público, por todo lo que atañe, al ambiente y a la Naturaleza. De otro lado, el utilizar, cada día siste-

Zona	Campo visual (metros)	Condiciones	Reducción del nivel de ruido cada 100 m (función de la frecuencia)		
			100 Hz	1.000 Hz	10.000 Hz
1	7	Penetración previa tala de vegetación	5	7,5	10
2	17	Penetración difícil sin tala de vegetación	4	6	8
3	30	Se puede andar entre la vegetación	2	3	4
4	70	Es fácil andar entre la vegetación	1	1,5	3
5	100	Zona de grandes troncos, con pocas hojas	3	4,5	6

Efectos de la vegetación en la atenuación del ruido en decibellos.

Fig.118

emas propulsores más potentes, de los que los motores turbo-reactores, son vencedores, con relación a los convencionales ó de pistón. Y, finalmente, el vertiginoso desarrollo del tráfico aeroportuario.

La mayoría de las ubicaciones de los aeropuertos, lo han sido a distancia de los núcleos urbanos, excepto casos, como el de Hong Kong, el de Tempelhoff en Berlín, el de Fuenterrabia, el de Gibraltar, etc., en unos por tener que ganar espacio al mar, y en otros por ser su localización, urbana desde el inicio,. En los restantes casos, ha sido el desarrollo procurado, junto al paso del tiempo, los que han llevado, a su casi, englobamiento urbano.

Las primeras medidas, para proteger a la población de riesgo (figura 108), se inician al exigir las autoridades norteamericanas, que las aeronaves con certificación para el vuelo, posteriores a diciemgre de 1.969, tengan que cumplir la norma FAR. 36, la cual fijaba, los puntos donde se valoraría el ruido de despegue, el lateral, y el de aproximación, figuras 111 y 114.

Correspondiendo de la 111 el punto A, al de inicio de la carrera de despegue. B, al de rotación del despegue. K, al punto situado al final de la pista, y situado a 3'5 millas náuticas del de A. L, corresponde al punto del ruido lateral, para su idónea medición. La N, al punto situado en el eje de la pista, pero a 1 milla náutica de ella, (del punto O, de la cabecera de ella) para realizar la medición del ruido de aproximación. Siendo, J, el punto de contacto inicial de las ruedas del tren en la toma de tierra.

Estas características, son estandarizadas en base a una humedad porcentual del 70 %, y en base a una temperatura de 25°C (77°F).

Ya, hemos citado los precedentes con el Boeing 707, de la exigencia de no exceder determinados niveles efectivos de

Recomendaciones de medidas a adoptar según edificaciones y el índice NEF y la LUG.

TIPO DE UTILIZACION	INDICE NEF						
	20	25	30	35	40	45	50 55
Residencias (Casas unifamiliares o adosadas)		A	B	C			
Residencias (Casas múltiples)		A	D	B			
Hoteles y moteles		A	D				
Hospitales, escuelas, Bibliotecas		A	D	C			
Auditorios y salas de concierto		F	C				
Terrenos deportivos		F	C				
Parques de recreo		A	B	C			
Hipódromos		A	B				
Edificios de oficinas		A	D	B	F		
Areas comerciales, cines, teatros, restaurantes		A	D	E			
Zonas industriales		A	D	E			
Zonas industriales sensitivas al ruido		A	D	E			
Granjas de animales		A	G	C			
Zonas agricolas		A					

ruido percibido (112 dB) y como la O.A.C.I . en su capitulo 2, anexo 16, fijó en función del peso máximo de despegue, los niveles de emisión sonora, figura 110.

En sus tres fase: El EPN a 6.500 mts en 108 dB, el máximo admisible, en ruido de despegue, para las aeronaves más pesadas. Para la aproximación, y a 2000 mts, del precitado punto 0, ó de contacto, es casi igual el límite de ruido para también las más pesadas aeronaves. En tanto que, el ruido lateral alcanza, ya los 103 dB hasta las aeronaves de 35 Tns., y en las de 300 Tns., los 107/108 dB.

En la figura 85, existe una demostrativa presentación, del tipo de aeronave, de su peso máximo autorizado al despegue, de los EPN dB, admitidos al desdespegue, y de los generados en dicha maniobra.

Abajo, recomendaciones de la Guía de Utilización del Terreno (LUG) dadas por la FAA.

- A.—No se requiere aislamiento acústico especial en los edificios
- B.—Evitar edificios de nueva construcción; si fuera necesario, requieren insonorización especial
- C.—No recomendado edificios de nueva construcción
- D.—Idem C; si fuera necesario incluir la insonorización en el prediseño
- E.—Sólo edificios aeroportuarios, con insonorización especial
- F.—Considerar, para nuevos edificios, todas las fuentes sonoras, además de las aeronáuticas
- G.—Evitar edificios, salvo en zonas declaradas de expansión, y que en todo caso requieren insonorización especial

Dentro de las emisiones, es de obligado recuerdo, para mejor entender, más adelante, las medidas técnicas, orientadas a la reducción de dicho ruido la ley de LIGHT-TILL. Según dicho autor, la energía acústica radiada por un motor turborreactor es proporcional a la octava potencia de la ve-

Volúmen relativo del sonido
de aviones de línea por pista

Fig.120

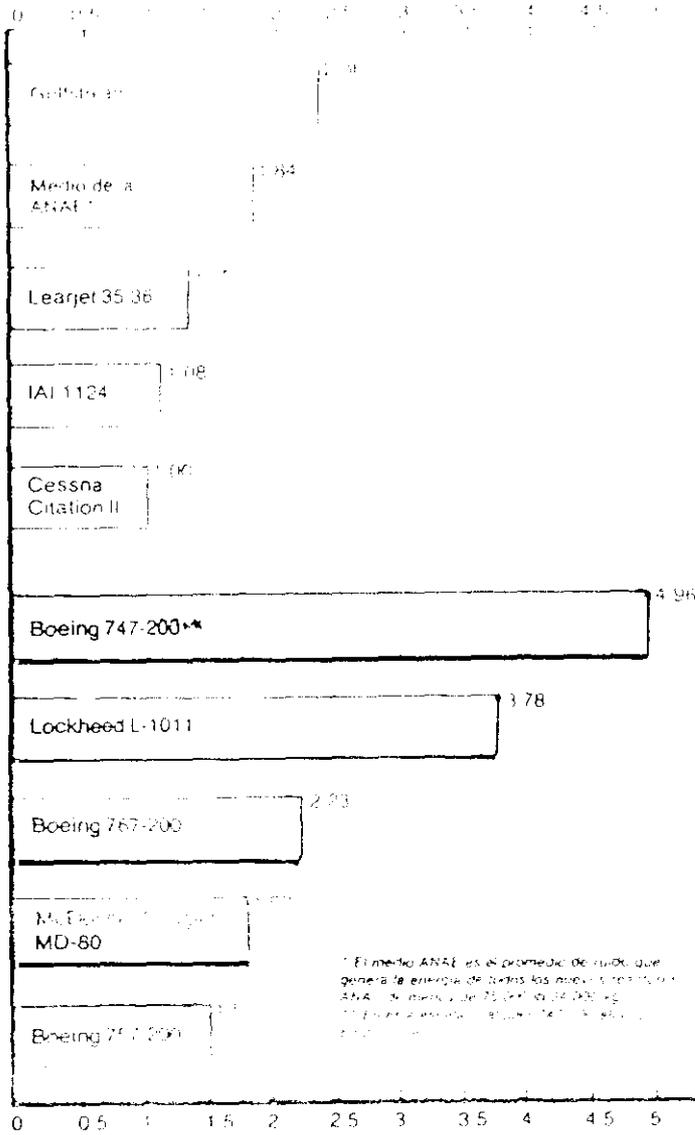
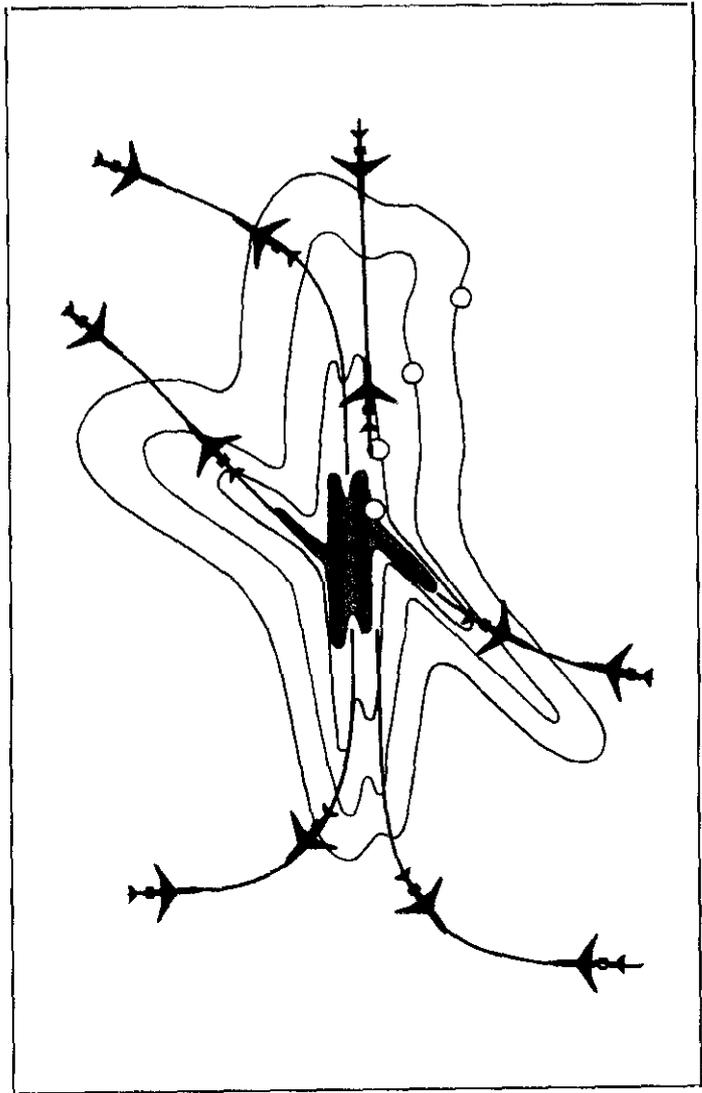


Fig.121



Contornos de zonas NEF para un aeropuerto de cuatro pistas paralelas dos a dos, tanto para despegues (aviones rojos) como para aterrizajes (aviones verdes).

Este gráfico se refiere al nivel de ruido que producen al despegar aviones resariales característicos con el de los aviones de línea del Capítulo III (a III)

locidad de salida de los gases de escape, y al cuadrado del diámetro, del círculo equivalente, al área de salida de la tobera. La velocidad de los referidos gases, debe considerarse quince veces, el diámetro del círculo en el eje del motor. Siendo turbulento, hasta con valores 5 veces.

Sabemos que el sonido, es un movimiento ondulatorio, causa del desplazamiento de sus ondas, lo que motiva una transferencia de energía, pero sin transporte de masa, entre los puntos de transmisión. Estas ondas llamanse mecánicas, por tener su propagación en medio elástico.

Debemos realizar, unas pequeñas evocaciones de recuerdo de índole física, como son en primer término, lo referente a la longitud de onda, que está en razón directa con la velocidad de propagación de la luz, y en razón inversa con la frecuencia ($\lambda = v/f$). La velocidad del sonido en el aire (s), viene

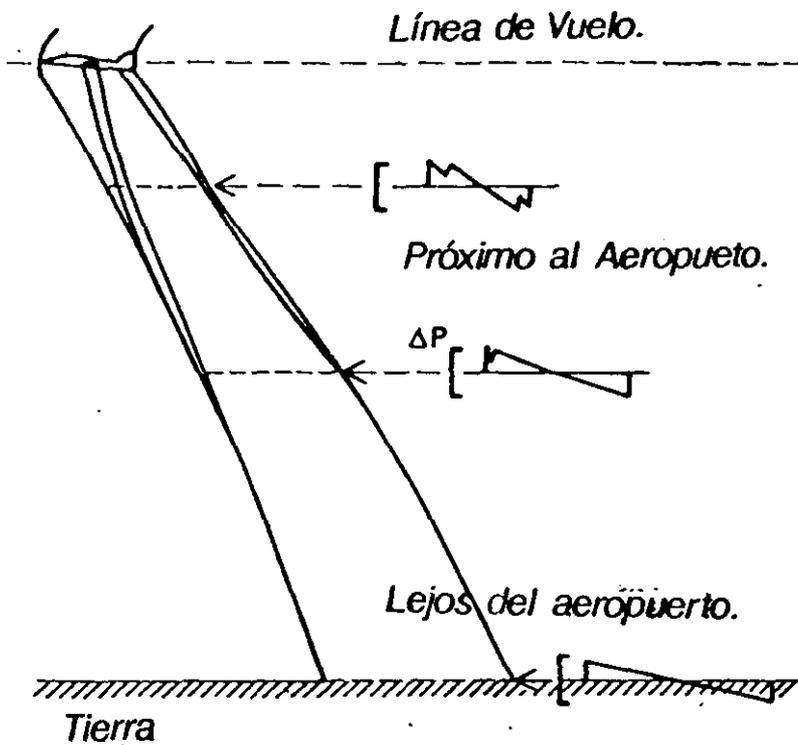


Fig.122

determinada por $s=20 \sqrt{T}$, donde T, es la temperatura absoluta. Consecuentemente, a nivel del mar la velocidad del sonido, a 15°C , 760 mm de presión ó 1013 mb, es de:
 $s = 20 \sqrt{273 + 15} =$
 $= 20 \sqrt{288} = 20 \times 17 =$
 $= 340 \text{ m/s.}$

Seguidamente, de las magnitudes físicas, que debemos recordar en lo referente al ruido, : tenemos la intensidad, y la presión sonora (S.P.L.#), ya que son las definidoras de los niveles del ruido.

La intensidad (I), corresponde a la energía sonora (W) por unidad de superficie (S), normal a la dirección de propagación de la onda sonora, por lo que $I = W/S$. En tanto que, la presión, correspondería a la expresión media cuadrática de dicha energía.

A una distancia r, la superficie abarcada, correspondería, a una esfera. En consecuencia $I(r) = W/4\pi r^2$. Los límites mínimos, y máximos de dicha intensidad, serían: el valor base ó de referencia acorde al mínimo audible,

$$I = 10^{-12} \frac{W}{m^2}$$

En tanto, que para el umbral máximo al dolor, sería 120 dB resultante de la fórmula:

Número de choques con aves en 1987 — por fase de vuelo.

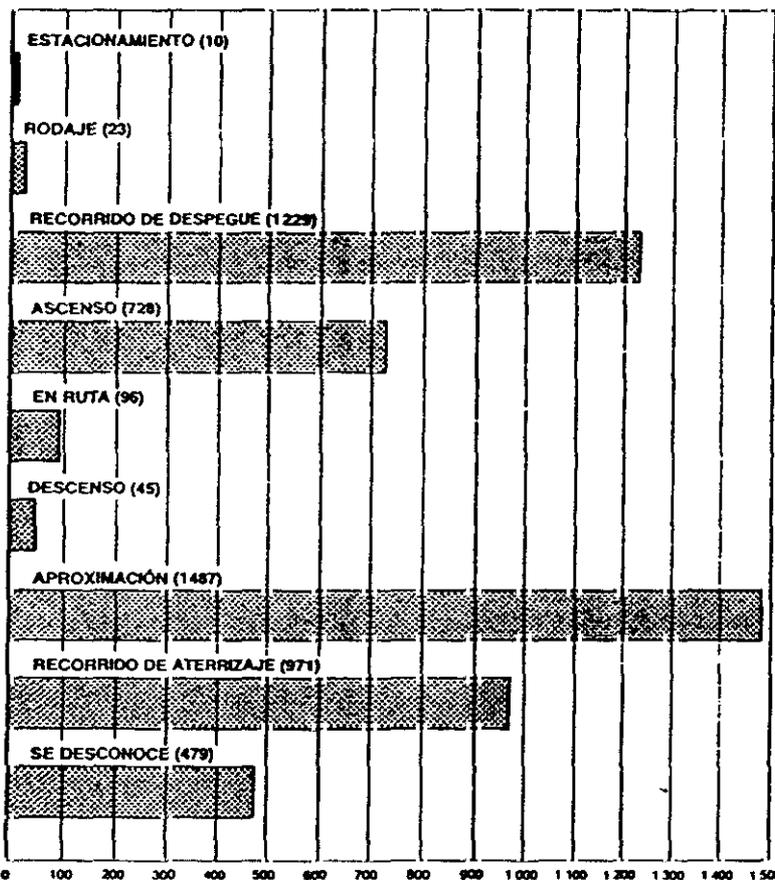


Fig.123

2

$I = I W / m^2$. Los valores de presión sonora e intensidad sonora son prácticamente iguales, existiendo una diferencia depreciable, en orden real de 0'345 dB de la primera con referencia a la segunda. Por ello, el nivel base ó referencial, para el mínimo audible, de la presión sonora, sería de 2×10^{-7} g/cm², y el del dolor tendría, el de 0'2 g/cm², con igual nivel lesivo, en 120 dB. La figura 116, muestra la correlación de lo antedicho.

Con el fin de hacer lo más seguible y entendible, la temática hasta ahora tratada. Debemos realizar, la clarificación de que los niveles de ruido, pueden ser expresados en tres modalidades de decibelios.

La señalada como (dB), de presión sonora, que expresan físicamente el valor de la presión de las ondas incidentes en la zona tratada. Son iguales ó equivalente a los (dB) de intensidad sonora.

Decibelios llamados tipo A, que habitualmente se significan , (A) , utilizados en ambientes interiores u ocupacionales, como en los exteriores ó ambientales, por ser ideales para la gama frecuencial entre 1.000 y 4.000 Hz su medición, con el objetivo de proteger la audición. Se les identifica bajo la forma dB (A).

En 1.971 el A.N.S.I #, publicó los niveles de presión sonora (dB) equivalentes con los de db (A), para cada frecuencia. Rápidamente, otras instituciones, como la O.S.H.A.#, los incorporaron. Los primeros, como estandarización en la industria, y los segundos hasta en los equipos de medida ó registro sonométrico. Debe recordarse, que tienen un valor corrector de 8 dB, menos que los de presión sonora.(NPS ó SPL#)

La tercera modalidad, basados en las respuestas subjetivas , son los llamados los llamados decibelios efectivos percibidos de nivel de ruido, identificable, como dB (EPNL)# , ya se dijo que por hacer estimación, del tiempo de actuación ó duración, de la frecuencia emisora, son desde que KRYTER los definió en 1970, los utilizados en aeronáutica, por ser tanto la O.A.C.I., como la F.A.A., usuarios en sus directrices. De carecer de equipo medidor, no calibrado en ésta modalidad, se deben deducir 13 dB, a los valores dB (A).

En el ambiente, que se está tratando, la gama de intensidades puede ser tan diferenciada, como la de 200.000 w generados por los motores del cohete Saturno en el despegue, a la de una millonésima de watio para una voz en nivel de murmullo.

Si ésta faceta, lo es en las diferencias de emisión, en las de recepción, los cambios de nivel de ruido, requieren unas intensidades notables, es muy acusable cuando la intensidad casi se multiplica por 16, lo que nos procura un umbral del

ruido de 12 dB, de diferenciación resultante, de aplicar
 $10 \log 16 = 10 \times 1'2 = 12 \text{ dB.}$

Cuadruplicando la intensidad, la resultante es de 6 dB, diferencia ya apreciable, en la mayoría de normoauditivos; en tanto, que 3 dB, prácticamente inapreciables, son generados duplicando la intensidad sonora.

El gran problema existente, y a resolver según las normas O.A.C.I., es el que las aeronaves de los 164 países miembros de dicha organización internacional, deberán para el año 2.002, adaptar sus flotas aéreas, a las limitaciones que en ruido aeronáutico, establece el Capítulo 3, del Anexo 16. Las cuales, las autoridades estadounidenses harán imperativas a partir de 1.999. Existiendo ya, aeronaves certificadas con dichos requerimientos.

La realidad, desde el punto de las compañías, fabricantes de motores y de las usuarias de aeronaves, llamemoslas obsoletas por no cumplir éstas exigencias, está, en el elevado costo que conlleva su remotorización.

Y, en particular desde la vertiente O.R.L., trataremos, de las medidas de su reducción en su fuente de producción, de transmisión y de sus servidumbres médicas para mejor poder comprender, la trascendencia, (cuadro de la figura 108); ya enunciada en la Conferencia de las Naciones Unidas, que sobre el medio ambiente, se celebró en 1.972 en Estocolmo.

Como referencia de costos, debemos saber, que actúan de muy diferente modo. Reducir dicho ruido, a costa de las actuaciones en los motores, (seguidamente las detallaremos), conlleva una reducción de su empuje, al tener menor potencia, su rentabilidad cae, al tiempo que los sistemas de apantallamiento sonoro, por ejemplo, hasta en las normas militares, no pueden rebasar el 1 por $\%$, del peso bruto de la aeronave, para que no pierda rentabilidad.

Esta conjunción de circunstancias, determinan que aminorar en 1 dB, conlleva un coste de medio millón de \$. Sí, a ello, unimos que dicho valor de 1 dB, representa una reducción del 10 por $\%$ de la energía sonora, que como señalábamos antes, aplicándola en el motor, "reduce su empuje en un 5'5 por $\%$ ".

Entonces, y en un orden de exposición, como se ha hecho, al hablar, del agente agresor, ruido aeronáutico, trataremos, lo referente a su posible neutralización.

Aplicando la ley de LINGTILL, tienen más incidencia disminuir la velocidad de los gases de escape, que conlleva una reducción de la energía acústica con la octava potencia, que actuar sobre el diámetro del diámetro de la tobera, dado que sólo lo reduce en el cuadrado de energía sonora.

De los distintos motores reactores, por su vigencia, y futu

ro mediato, el turbofan, es el que, tratamos. Ya señalamos, anteriormente, que las otras modalidades, llamadas de reactor puro ó de flujo único, por su derivación inferior al 4/1, existía una dominancia del ruido del escape sobre el del compresor. En los de doble flujo (II generación), casi son equiparables, y en los de III generación, los turbofan, es el compresor, el dominante, al ser su derivación superior al 4/1.

Con el objetivo de lograr cumplir, las regulaciones O.A.C.I. Capítulo 3, Anexo 16, para las fechas, que ya señalábamos, 2.002 en Europa, y 1.999 en Estados Unidos, los fabricantes han adoptado medidas antirruído, como las señaladas en el anterior apartado, y complementadas, con lo que seguidamente decimos.

Los paneles antiacústicos, han sido los elementos procurados en aminorar, la agresividad ruidógena, de los motores. De ellos, los de tipo reflectivo, como significa su nominación, reflejan la onda sonora hacia la fuente emisora, en éste caso el motor. Lógicamente dicha onda, es más débil, y disipa ó transforma la energía en su origen.

Selectivos para ubicarlos en áreas del motor, bajo frecuencias. Son en forma de nido de abeja, en la figura número 83, están señalados los puntos del difusor (1), espacio rotor/estator (2) en su techo, carcasa de salida en su superficie interna, del fan. Así, como el resto de mejoras en cuanto a la aerodinámica del difusor (índice de los torbellinos mezcla), con objeto de lograr un flujo laminar; el que el fan esté dotado del menor número posible de alabes, y de cuerda ancha (5). Y, dentro de la misma línea, el menor espacio, rotor/estator, etc.

Los de tipo disipativo, transforman la energía sonora, en calor. Como idóneo, utilizase la fibra de vidrio, que tiene una gama amplia, en razón de su peso específico.

Finalmente, los vulgarmente llamados silenciosos, ó supresores de ruido en la tobera de escape, tienen en el momento actual, gran aceptación, por ser la fórmula, más viable económicamente hablando, que la remotorización con modelos vigentes, de altísimo coste. No obstante, en la figura 92, tenemos, las diferentes aeronaves equipables, con el P.W -JT8D, y para distintas especificaciones del máximo empuje en despegue, una gama coste de la cual, el lector hará la estimación precisa.

De la emisión sonora, todos empíricamente aceptamos, que el alejamiento de la fuente emisora, guarda relación de la atenuación conseguida. Sin embargo, es obligado recordar, la fórmula que lo demuestra, figura 112, en el ejemplo desde 0, a 200, 400 y 800 mts. De lo que fué dicho, al hablar de energía sonora (W), intensidad sonora a distancia r (I_r). Tenemos:

(S) corresponde a superficie* $I_r = W/Sr = W / 4\pi r^2$

Intensidad sonora a distancia 2 r; $I_r (2r) = W / S 2r =$
 $= W/4\pi (2r)^2$

$I(2r) / I_r = 1/4$; $dB = 10 \log I (2r) / I(r) = 10 \log 1/4 =$
 $= - 10 \log 4 = - 10 \times 0.602$; $dB = - 6 \text{ dB.}$

Seguidamente y a título eminentemente práctico, debemos desde la actividad O.R.L., conocer las atenuaciones que procuran construcciones fijas, de casi confinamiento, a las de carácter móvil, usadas en apantallamiento de zonas de aeropuertos. En la figura 117, tenemos el ejemplo de un muro, y sus índices de difracción sonora para altura y espesor determinables. Siendo el ángulo de BAC de 30°, y la atenuación a determinar en el punto C.

En esa misma línea, los valores expresados en la figura.118, permite en distintas gamas frecuenciales, de 100, 1000 y 10.000 Hz, según 5 zonas de distancia, de 7 a 100 mts. De ellas las zonas boscosas, (zona 5) de mediana altura, son las más apreciables, por la reducción de 3 - 4'5 y 6 db, y en zona tipo 1, no existentes en nuestro medio, los valores de 5, 7'5, 10 son los más deseables.

Tratamos ahora, el capítulo de servidumbres del ruido aeronáutico, debiendo en primera consideración, hablar de la huella sonora, que las aeronaves procuran en su desplazamiento, con particular valoración, en primer término, en clara referencia a las zonas, de sobrevuelo, en maniobras de aproximación, despegue, y excepcionalmente, de vuelo bajo.

Dicha contaminación sonora, y permitasenos, la denominación, llamase huella del ruido de un avión, y subsiguientemente, comprende, una forma y unas dimensiones. Se evalúan en un nivel de 90 dB (EPN #), en pendientes de aproximación de 3°, como se acepta para las instalaciones de ILS #, a unas distancias prefijables, al punto de contacto de las ruedas del tren. Como un ángulo de 8° a 10°, para todo lo relacionable con los despegues.

Uno de los más positivos logros en éste tema, lo ha procurado, la evolución de dicha huella, que ha pasado de los 40 kms. de longitud total, y 75 km² de superficie afectante, de los aviones de hace 20 ó más años, a los logrados, ya hace 10 años, con parámetros, de 18 kms con 15 km², respectivamente, que ya fué singular, hace unos años, con reducciones a 10 kms por 10 km², y que nadie pudo, en aquellas fechas iniciales, sospechar, que llegarían a alcanzarse, los quiméricos valores actuales de 5 kms y 5 kms².

En la figura número 114. se recoge la ubicación de los puntos, C, (en 450 mts del eje de la pista) para realizar el gráfico donde se determinan los niveles del ruido, y así, realizar la huella sonora de una aeronave. Prefijando que la disminución del nivel de la presión sonora, está en razón del cuadrado de la distancia, de alejamiento a la fuente emisora.

Con diferente denominación, según, el país usuario, actualmente, se habla de la Previsión de Exposición al Ruido (NEF #), para otros como en Gran Bretaña, lo denomina como NNI# ó Índice Numérico del Ruido, en Alemania, recibe el de C,MAL ó Nivel Medio de Molestia, etc.

¿ Qué significado para nosotros tiene ésta modalidad expresiva del ruido que nos ocupa?. Sinceramente, trata los niveles del EPNL ó Nivel Efectivo Percibido del Ruido, pero con otros considerandos, como son, actividad de sobrevuelo, en las 15 horas diurnas, y 9 nocturnas, en que se divide la actividad diaria en una zona definida, así, como en relación al tipo de aeronave (peso/potencia).

Se obtiene por formulación, con un factor corrector $K_d = 20$, al objeto, de que por la noche, se amplie en 10 unidades, el valor adimensional obtenido, para que nos sirva de exigencia mayor en las horas de descanso. Los valores se dan redondeados para obtener dichas huellas sonoras, como vemos en la parte superior de la figura 119. Que en incrementos de 5, desde 20 a 55, tenemos la escala de valoración.

En su cuidada lectura, podemos según sea nuestro particular interés, saber en razón del tipo de utilización, que comportamiento existe en una área geográfica sobrevolada, a la ubicación industrial, comercial, residencial, etc. Con la lectura, que aparezca, en la Guía de Utilización del Terreno, L.U.G, según la FAA#, sabremos las servidumbres, que el tráfico aéreo produce.

Particularmente, se señala, de la A., a la G., la escala de tolerancia. Es decir, desde la que no requiere aislamiento en las construcciones, domésticas ó industriales, a la que la requiere de forma obligada (F). Considerense todas las fuentes sonoras, e incluso en la ubicación de granjas de producción agrícola, como más adelante vamos a ver al hablar, del boom sónico.

Realmente, las autoridades amparándose en el NEF #, han obligado, al vuelo selectivo y regularizado, en zonas, como en la figura 121, vemos en distinta visión cromática, al ser un aeropuerto, dotado de dos pistas paralelas, que pueden estar operando, en condiciones de salidas, ó de arribadas, para la Aviación de Transporte.

El problema, adquiere particular significación, cuando las

autoridades, amparándose en dicho número, quieren ó ordenan a las compañías de Aviación General, la limitación de los aeropuertos principales, lo cual traduce una irónica realidad, puesto como en la figura 120, se expone como éstas aeronaves de menos de 34.000 kgrs, generalmente empresariales (lado de la herida ó del conflicto), presentan unos niveles, de emisión sonora, que serían deseables, en las superiores al referido peso de 34 Tns.

De ese modo, un Boeing 747-200*, tiene un volumen de sonido , del 4'96., en tanto que un GulfstreamII, lo tiene en 2'36, y en un envidiable 1'00 , la Cessna Citatio II, valor que no alcanza, ni el menos emisor de los pesados, que corresponde al Boeing 757 - 200, que lo tiene en 1'52.

Seguidamente veamos, como lo valoran las autoridades británicas, con su NNI (Indice Numérico del Ruido).

ERNSTING & KING*

N.N.I./valor	EJEMPLOS	CONDICIONANTES
10	Sobrevuelo ocasional de aeronave, que produce niveles sonoros, causantes de alteraciones, estando fuera de las viviendas.	
35	Sobrevuelos regulares de aeronaves con índices intrusos dentro de las viviendas	
55	Sobrevuelo continuo en niveles sonoros que pueden interferir, la conversación doméstica. -éste es el nivel que cubre grandes áreas de los alrededores de Londres, (isonorización del aeropuerto de Heathrow.)	
65	Sobrevuelo incesante por aeronaves, cuyos niveles, interfieren el sueño y la conversación, aún en casas isonorizadas.	
75	Este valor tan elevado puede intensificar y acelerar la respiración. Observable en pasillos aéreos, utilizando potencia máxima (postquemador). No recomendable dichas zonas para área residencial. Estando sujetas a control de niveles del NNI.	

Existen otras modalidades de aplicación a la anterior, como la seguidamente exponemos:

Zona	Nivel de Ruido	Respuesta
4	Menos de 45 dB A, durante más de 1/2 hora de las 24 horas del día.	Aceptable.
3	Inferior a 65 dB A, más de 8 horas, de las 24 del día.	Normalmente Aceptable.
2	Más de 65 db A, durante 8 horas de las 24 del día.	Normalmente Inaceptable.
1	Más de 80 db A, durante 1 hora de las 24 del día, ó Más de 75 de A, durante 8 horas de las 24 del día.	Inaceptable.

Completamos éste importantísimo tema del ruido, con el desplazamiento de la onda sonora, desde la altura, determinado por el choque, de la aeronave, según magnitud de su velocidad, sobre los elementos moleculares de la atmósfera.

La figura 116 bis, muestra a su izquierda, acorde a su velocidad (régimen de la misma), la imagen desarrollada por el movimiento molecular, cuyo comportamiento, vemos a la derecha en su cinética intermolecular, recibiendo según la velocidad, el desplazamiento de la aeronave, la denominación de régimen subsónico, con número de Mach ≤ 0.75 .

El de transónico, modifica su penetración y la imagen originada, con un Mach entre 0.75 y 1.20 . Alcanzando en el supersónico, con valores, entre 1.20 a 5 la formación de los conos de velocidad. Con 5 a 10 de Mach, su régimen es hipersónico, y finalmente, la etiquetación de hiperveloz, con un valor superior a 10 de Mach.

Un avión a velocidad superior a la del sonido, crea un campo de presiones variables dentro de la región cónica que se extiende detrás del morro del avión, y que alcanza hasta otra región cónica, que se extiende detrás del avión, figura 122.

Dicho campo de presiones tiene forma de N mayúscula a grandes distancias del avión, es decir, aparece una elevación brusca de la presión, seguida por una disminución lineal, que posteriormente aumenta hasta alcanzar de nuevo el valor de la presión ambiental.

Este campo de presiones presenta variaciones, en mayor grado ó máximo dentro del eje de trazado hiperbólico, el cual va disminuyendo, a medida que aumenta la distancia lateral al eje de dicha hipérbola, por dos razones, la del alejamiento, y la disminución de la influencia, del efecto sustentador del avión.

La duración normal de la onda máxima, en atmosfera "en calma", oscila entre 50 a 350 milisegundos, en tanto que en atmosfera turbulenta, la duración puede llegar a ser 500 veces mayor.

En cuanto a la anchura, depende de la altura de vuelo y número de Mach. Estableciéndose para un valor de 2 Mach, que la anchura en millas es la milésima parte de la altura del avión en pies. Correspondiendo a 40.000' de altura, 40 millas; y a 60.000' la de 60 millas.

El efecto del estampido sónico sobre tierra, señalar, que la reflexión de la onda sonora, es casi completa a cualquier ángulo de incidencia, por la diferencia de densidad entre tierra y aire. Pueden generarse ondas transversales. Alcanzándose valores de hasta 20 la velocidad del sonido en compresión y cortadura. Razón del desplazamiento de pesadas rocas, y aluviones.

Sobre el efecto sobre edificios, se han señalados que se toleran perfectamente si están construidos con factores de carga estática hasta los 5 grm/cm². Mucha significación se ha dado sobre el efecto, de la frecuencia vibratoria que actúa sobre ventanas. Siendo máximo, si están frontalmente expuestas al paso de onda sonora, u opuesta a su paso.

Su efecto sobre las personas y animales, es importante por la alteración ambiental que procura, pero no se han demostrado efectos de riesgo en la audición.

Para mayor, confirmación de lo anterior. Y, en clara realidad a lo que se expone, está demostrado, que el incremento en el número de población de aves, con anidamiento incluso, tiene lugar en zonas de aeropuertos, polígonos de tiro, etc., (por cuando el ruido es episódico, y no hay agresión a ellas en dichos lugares).

Como ejemplo, veamos en la figura n.º 123, el elevado número de colisiones de aeronaves, con aves (fuente O.A.C.I.), particularmente, en la fase de aproximación. Obligando, a adop-

tar medidas ahuyentadoras, e incluso de caza con halcones.

3.1.4 EL H O M B R E :

Se ha procurado en la exposición precedente, interconectar, los diversos elementos, que comportan ó concurren en el vuelo. Ahora, hemos de tratar, preferentemente, el tripulante. El hombre a los mandos de una máquina volante preferentemente, ó formando parte de la tripulación técnica, de ser aquella politripulada.

La idoneidad del candidato a dicha práctica, viene dada por la serie de exigencias, que aquella demanda, para que pueda realizarla, sin riesgo personal, y sin consecuencias, para el resto de personas y haciendas.

3.1.4.1 Selección.-

Dicha condición para todo candidato se presenta en diversas etapas de su vida profesional, y como ejemplo, la de iniciación, formación básica y avanzada serán etapas obligadas, del criterio selectivo, incluso, si aspira en los tiempos presentes a candidato a astronauta, dentro de algún programa de los existentes.

Los criterios selectivos, son un tanto divergentes, en cuanto a la modalidad, seleccionada por el aspirante, entienda militar ó civil, en su condición a graduarse, como piloto.

Como ejemplos, en el Reino Unido, , BENNETT* & COLBR.* la Marina (Royal Navy), tiene un índice del 19 por ‰, de excluidos, en tanto que la aviación (Royal Air Force), alcanza un porcentaje de no admitidos del 30 por ‰. Siendo en orden frecuencial de exclusión causas oftalmológicas, de medicina interna, O.R.L., y de psiquiatría. El departamento de Industria y Comercio, que tutela, el Servicio Médico de la Junta de Corporaciones Aéreas, como exponente de la rama civil, aduce un índice, de un candidato excluido, por cada 16 optantes, BARNES*.

En la hasta hace poco, Republica Federal Alemana, el dintel de admitidos estaba en un 28 por ‰, pero su fase selectiva era de los candidatos a las fuerzas armadas, después pasan su evaluación médica, realizan una etapa de 20 vuelos en material convencional, con una reducción final, al 15 por ‰.

Los centros examinadores, realizan la labor a tenor de la normativa internacional establecida, por la O.A.C.I, del personal civil, como en el caso de los AME ‰, dependen de la normativa F.A.A.‡.

Todo ello, hace pensar, que cada estado miembro de la organización O.A.C.I., bajo su norma, queda facultado, a exigirla en el grado ó variante que sus autoridades estimen.

Por ello, en la valoración comparativa de los datos estadísticos, de distintos Centros, se ha de realizar, una ponderada matización de como valoran la patología hallada.

En la Fuerza Aérea Israelí, ya se señaló sobre 3.000 candidatos reconocidos, en su Centro Aeromédico de Hashomer, a través de FROM & COLABRS*, su índice es de un 21 por % de exclusión general, y de O.R.L., entre el 1 y 2'6 por % de incluir, como decíamos al principio, las rinopatias alérgicas

Un detalle, altamente significativo, es que los índices de accidentabilidad, para alumnos civiles es del 0'93 por ‰/oo en clara contraposición del 4'4 por ‰/oo, en alumnado militar

De los 600 candidatos aceptados como alumnos en fase de formación en la F.A. Israelí, 46 fueron excluidos; 8 Por omitir información médica, 24 no fueron detectados, en las técnicas de screening aplicadas, y finalmente 14 desarrollaron, patologías varias.

En base a los conocimientos existentes, se puede prefijar de 100 alumnos en fase de su graduación, el que un 20'4 por %, carecerá de la habilidad requerible; un 2'5% abandonará per se., 2'7 por % perderán su aptitud médica; el 0'3 % sufrirá accidentabilidad fatal, pero no procurada por el vuelo, sino por accidente de tráfico, deportivo, etc. La ansiada titulación la logrará el 73'9 por %.

En un trabajo realizado para el Congreso Internacional O.R.L. celebrado en Madrid (1.989), sobre 3.000 candidatos, la especialidad incluía el 9'2 % de los excluidos (Figura nº 124) siendo la oftalmología con el 18'12 por %, la más destacada ; en tanto que, la Medicina Interna alcanzaba, el 3'59 %, y la siquiatria, con el 1,58 %, totalizaban un 32'6 por % de excluidos. Más elevado que en el trabajo de FROM *, en un 11 por %, procurado por valoraciones menos rigurosas oculares.

Las pruebas médicas selectivas a realizar, sobre una población de jóvenes, "teóricamente sanos" se contraponen totalmente, a lo que es standard, en la medicina asistencial. En ésta, última existe un paciente, que voluntariamente se somete a ser examinado, por presentar una sintomatología, recogida en una historia clínica, y que colabora, al máximo , en aportar, toda clase de información sanitaria, incluso de procesos íntimos, aprestandose a toda clase de exploraciones técnicas más ó menos agresivas ó de riesgo.

Como el candidato, requiere una formación altamente costosa, BARNES & BENNETT*, estimaban en 5.000 f su fase ele-

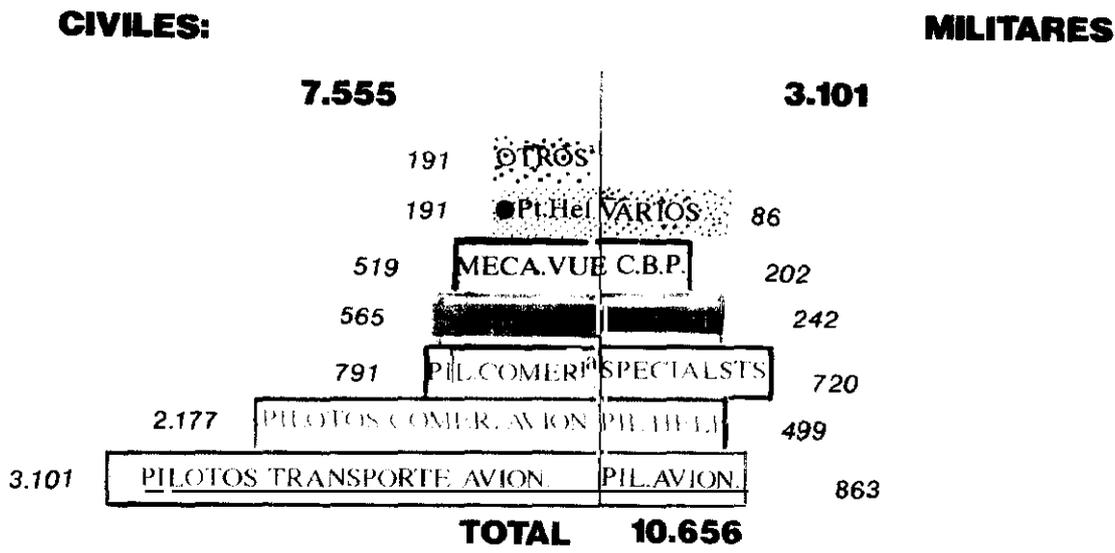
INDICES Y CAUSAS DE EXCLUSION OTORRINOLARINGOLOGICA EN
CANDIDATOS A PILOTOS MILITARES. *

AÑO: 1.985		AÑO: 1.989		TOTAL:		
Sobre 2.257		Sobre 827		3.084		
% gene ral.	nº candi datos	núm	%	%	nº candi datos.	% gene ral.
(4'6)	...106.....	OIDO	.....	(1'5).	13...119..	(3'8 %)
		9..0'3%	Disfun.vestibular			
		35..1'5%	Hipoacusia..(1'5).	13		
		9..0'3%	Infiltración calcárea timpánica+hipoacusia.			
		29..1'2%	Otitis media crónica			
		24..1'0%	Timpanosclerosis.			
(6'4)	...146.....	NARIZ	.....	(2%)..17...163..		(5'2 %)
		1..0'04	Anosmia.			
		98..4'3%	Insuf,nasal (1'9)..16			
			unilateral>90%			
		14..0'6%	Perfora.septum nasal.			
		9..0'3%	Poliposis nasal.			
		18..0'7%	Rinitis alérgica.			
		6..0'2%	Sinequias nasales.			
			Sinusitis...(0'1)..1			
(0'1)	... 3.....	LARINGE	... ..	....3..		(0'09%)
		1..0'04	Parálisis laríngea.			
		2..0'07	Disfonía.			

(11'2%)...255.....(3'6%)..30...285.. (9'25%)

Fig.124 *Comunicación del autor al XIV Congreso Internacional de O.R.L. (vol.II) Sept.10-15, 1989. Madrid.(España).

" CENTRO INSTRUCCION MEDICINA AEROSPACIAL " (Año 1991)
NUMERO DE TRIPULANTES AEREOS EXAMINADOS



Otros:49:Pilt.Priv.37:VSM.25:ENA.17:Ofi.Aero.8Radios Varios:42 Milit.Empleo.32:Curs.Def.6:Azaf.5:AGA.1:Sand

Fig. 125

elemental, y en 150.000 f, el grado de comandante de aeronave. Lo que comporta, un componente financiero adicional a su bondad de salud, en el candidato a graduarse.

MOORE * Y COLBRS., sobre 2010 revisiones y solitudes, para volar, con un 75 % de ellas referidas a jóvenes, entre 18 a 25 años, según las normas de la F.A.A. #. Encontraron 203 exenciones ó waiwers, incluso en jóvenes con hipoacusias pantonales, bilaterales, con 45 y 60 dB, ahora, con la obligada nota, de uso obligatorio de auriculares para su entrenamiento en vuelo.

CAUSAS GENERALES DE PERDIDA PSICOFISICA PARA EL VUELO++
CIVILES (1ª línea), MILITARES (2ª línea)

Fig.126

++ por /oo

Visi Audi Trau Muscu Respi Diges Miscce Meta Neo Card Neu Sig
 sión ción mtic. lar. rato. tiva. línea. bóli. plá. aca. rol. iat.

0'22	0'27	0'22	0'17	0'17	0'19	0'05	0'37	0'33	10'3	0'5	1'6
0'17	0'51	0'67	0'18	0'12	0'17	0'08	0'17	0'36	5'0	0'3	8'1

La figura 125, da una imagen en sus dos áreas civil y militar, fácilmente evaluable, del volumen de tripulantes aéreos explorados durante el año 1.991. Ella nos permite, fácilmente cuantificar, cada uno de los grupos profesionales, e incluso hay una referencia C.B.P., que corresponde a lo que más adelante trataremos del entrenamiento fisiológico.

En razón del temario a tratar y particularmente, por la importancia de limitar la extensión, haremos lo más representativo el papel de la O.R.L., en imagen con texto, correlacionando ambas vías de expresión en su mayor grado posible.

En tanto, que las causas de pérdida psicofísica para tripulaciones en tantos por mil, están detallados en la figura 126, donde vemos como en la primera línea, que corresponde a Civiles, la tasa cardiaca es la más elevada, con gran distanciamiento de la siquiátrica con el 1'6; las metabólicas con con el 0'37 muestra la tasa real que se ha observado.

Dentro de la segunda línea, del personal militar, destacan las causas siquiátricas, (8'1), seguido del de cardiopatías (5), las traumáticas con el 0'67, y la audición con 0'51.

ARVA & COLABR.*, en un estudio realizado sobre causas descalificantes de pilotos noruegos, durante 10 años, con un volumen de 4.000 individuos, principalmente varones, hallaron, 128 casos de descalificación permanente a la condición del vuelo, correspondiendo a una incidencia anual del 0'32 %

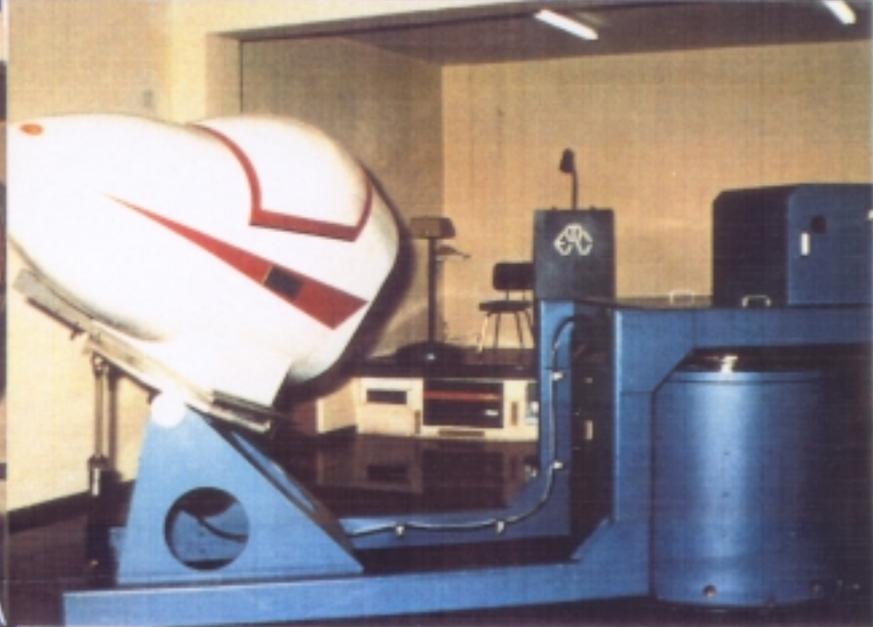
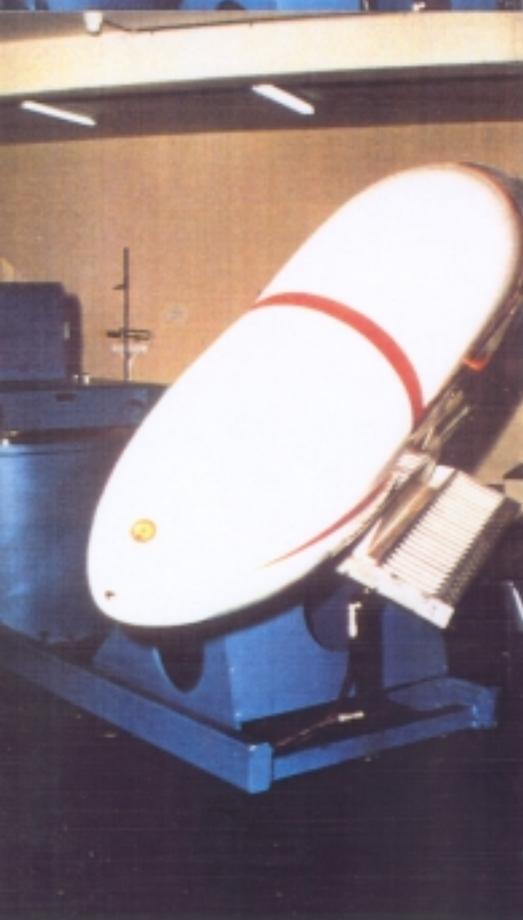
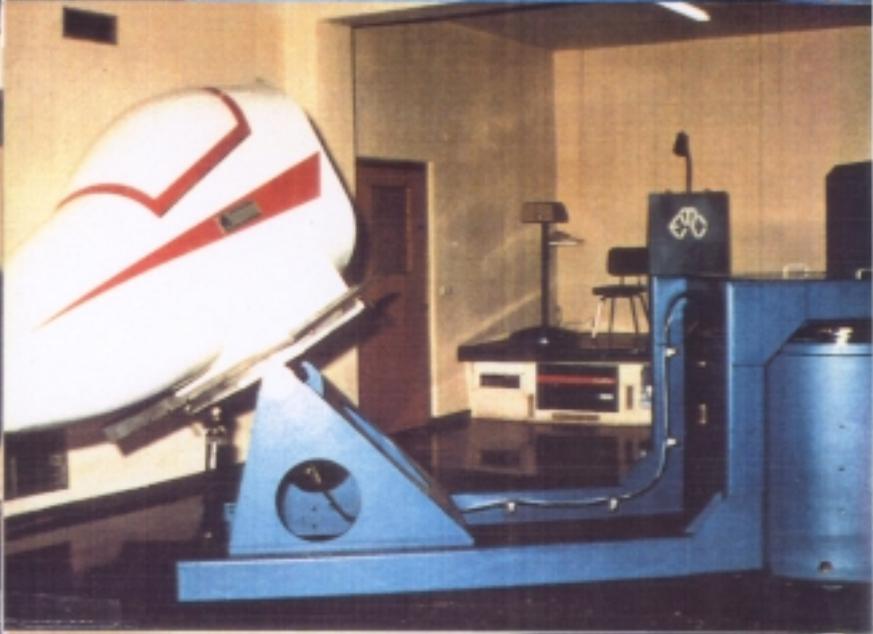
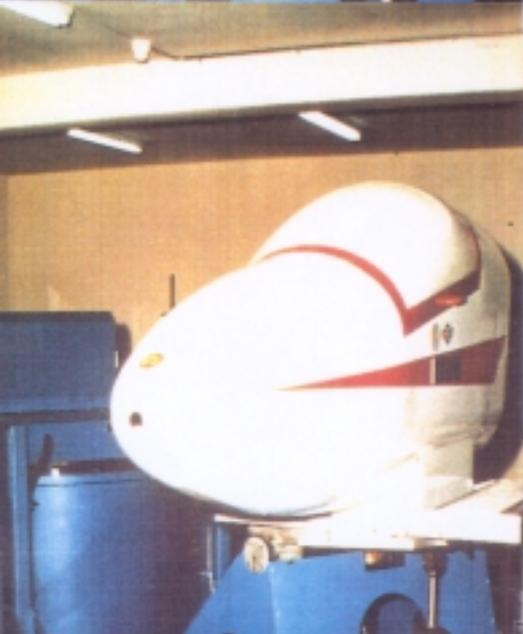
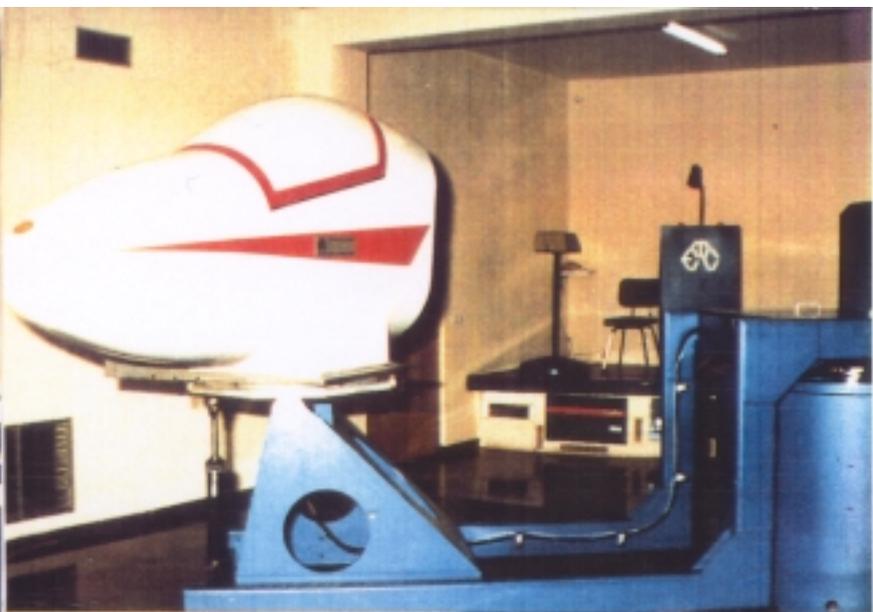
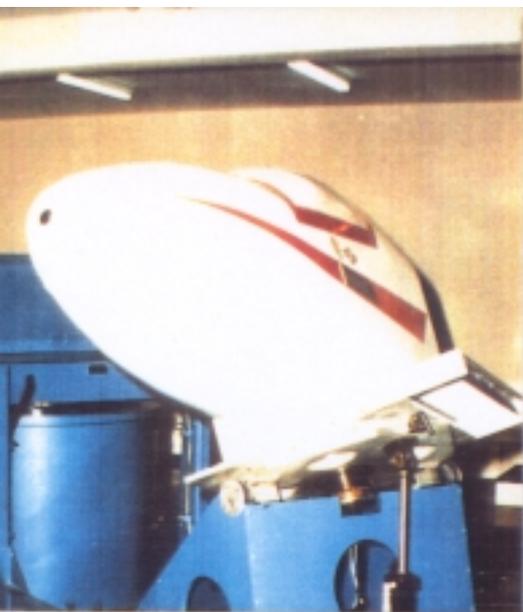
Las alteraciones cardiovasculares fueron con 68 casos, (53%) seguidas de las neurológicas con 18 (14%), psiquiátricas con 14 (11 %), junto problemas varios en otros 28 casos.

3.1.4.2 Mantenimiento:

Ya señalábamos, anteriormente, que el mayor handicap, del tripulante, es el tener que la aptitud que le fué reconocida en su primer examen, no sólo la ha de conservar, sino que incluso a de desarrollar una serie de técnicas ó porcedimientos para su mejor mantenimiento, en base a su mejor seguridad operacional.

En nuestro Centro, y en interdependencia de todos los departamentos, las tripulaciones desarrollan desde su primera fase de iniciación, a las periódicas prácticas. Para ello, se conjuga, durante unos días, conferencia de refresco médico profesional, vuelo en Cámara de Baja presión, con todo los interesantes considerandos, que para nosotros tienen la buena función tubárica, y normofuncionalidad tanto de las cavidades paranasales, como las áreas faringolaringeas.

En O.R.L., realizan un previo examen instrumental, y se completa con las pruebas adicionales, que se precisen, otoadmitanciometría, ecografía paranasales, estudios selectivos.



ENTRENAMIENTO FISIOLÓGICO:

Fig. 127

“Vertífugo”

DESORIENTACION :

Vuelo nocturno.

Vuelo en Nubes.

En formación dentro de nubes.



I.F.R. / I.M.C #

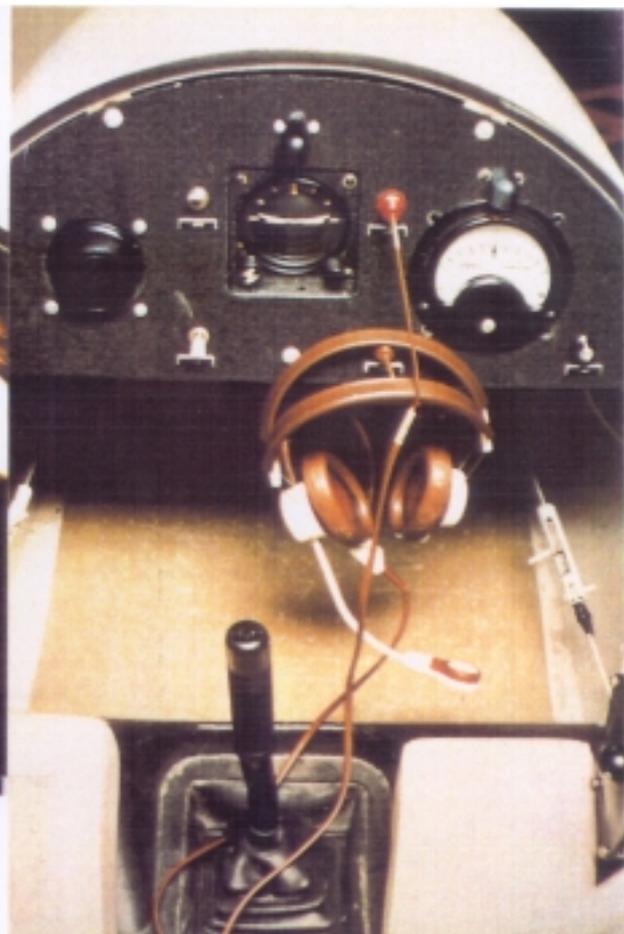
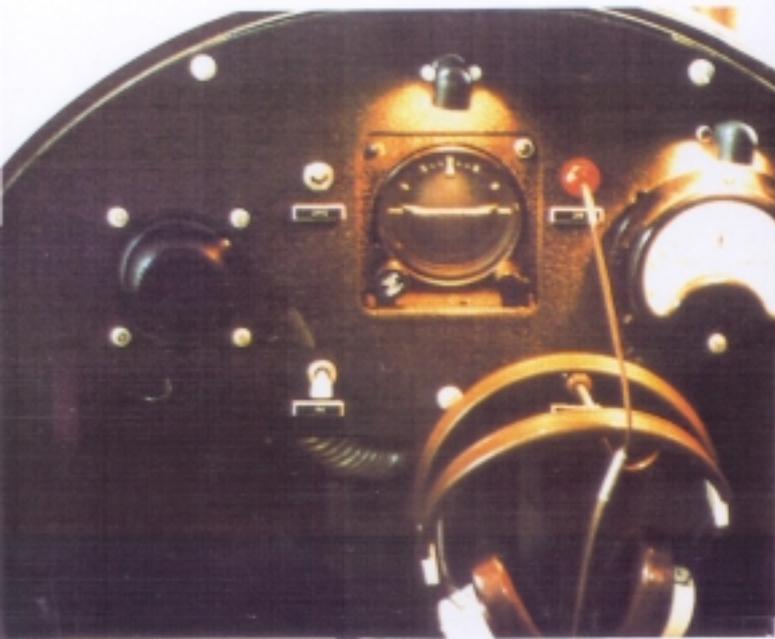
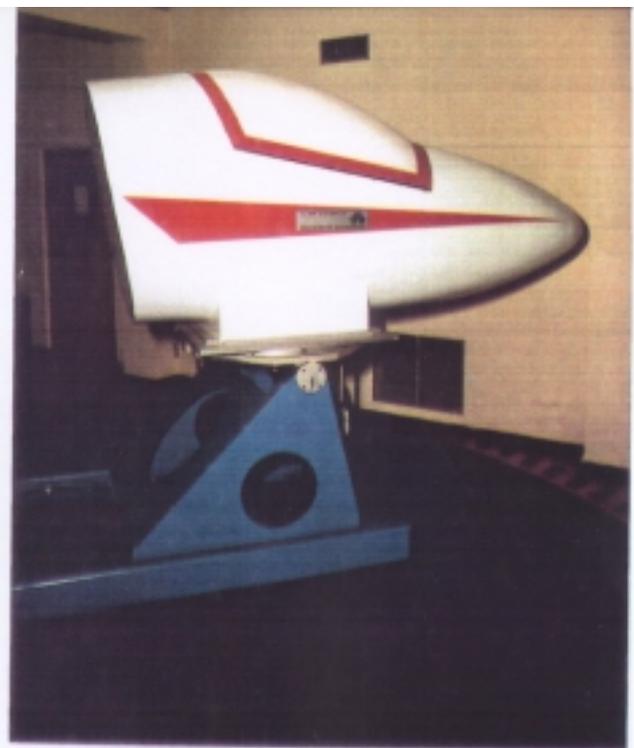
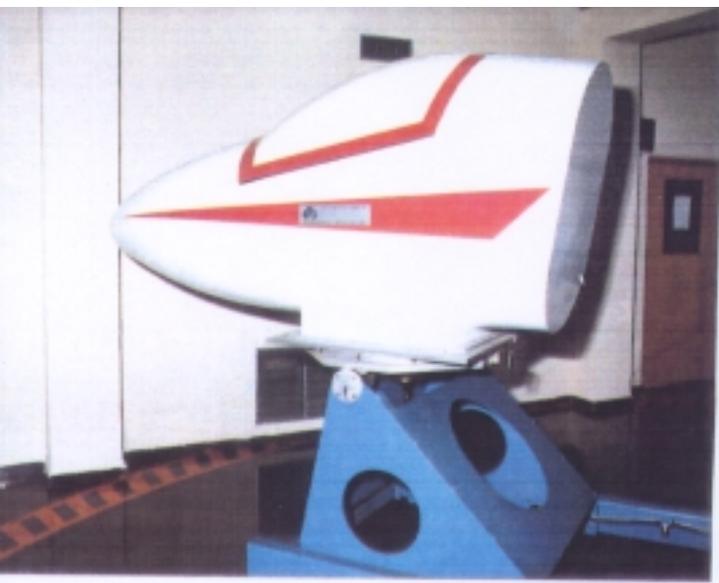
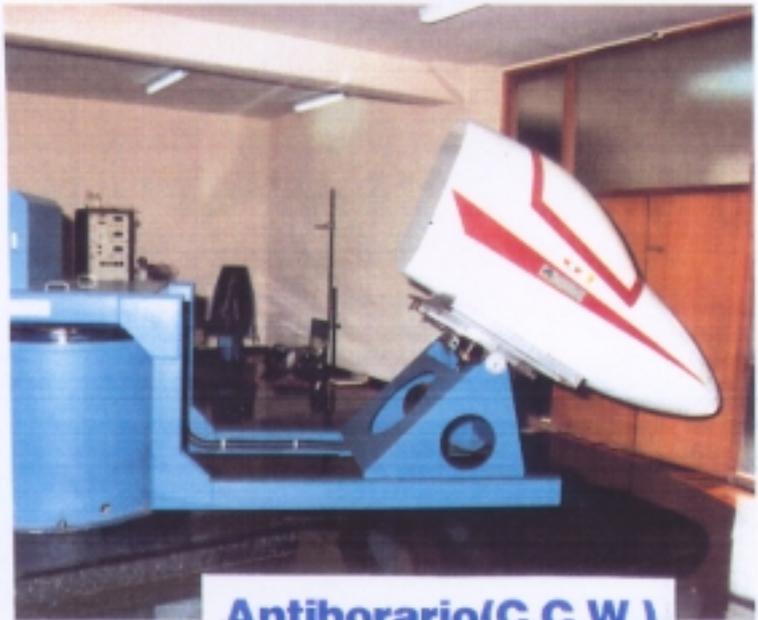


Fig. 12 8



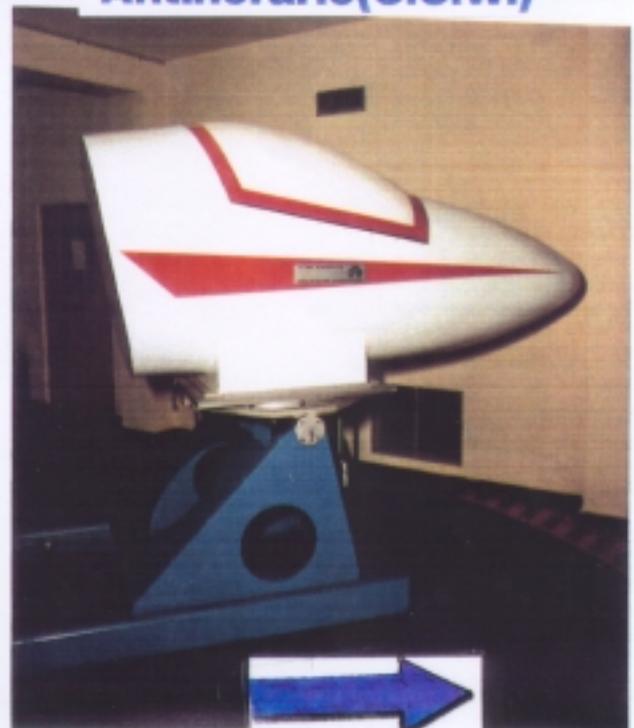
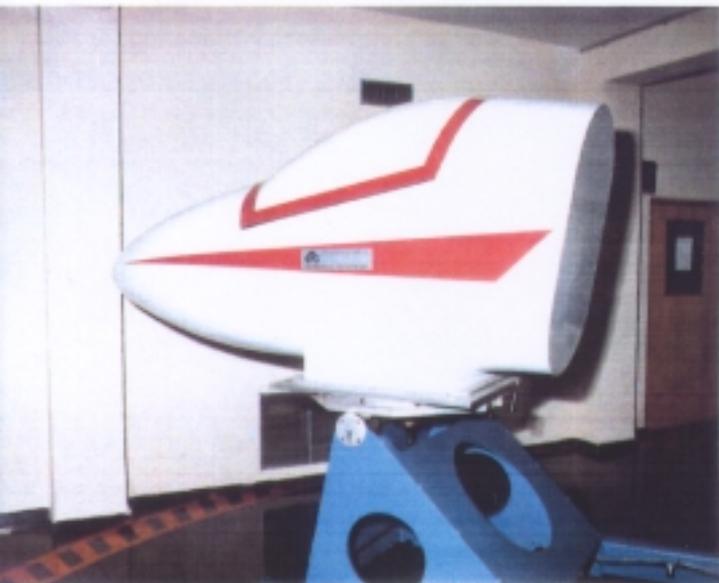
"CORIOLIS I - VERTIFUGO "
HORARIO (C.W.)



Antihorario(C.C.W.)



Fig..129





CORIOLIS II - "VERTIFUGO"



← **Sent.HORARIO (C.W.)** **Sent.AntiHORARIO(C.C.W)** →



Fig. 130



CORIOLIS III "VERTIFUGO"



 **Sent. HORARIO (C.W.)** **Sent. Anti HORARIO (C.C.W.)** 



Fig. 131

3.4.2 ASESORAMIENTO DE LOS EXAMENES VESTIBULARES

El sistema vestibular provee la información relacionada con la orientación de una persona en el espacio, usando una información de cinco órganos, en cada oído interno. Tres de estos órganos sienten la aceleración angular, en planos rigidamente octogonales, mientras que los otros dos sienten

una fuerza específica (aceleración lineal y gravedad). Esta información periférica es integrada con la de otros sentidos, incluyendo visión y propiocepción, para dar información acerca de la orientación individual en el espacio y para permitir apropiados movimientos reflejos compensarios. Estos reflejos pueden adaptarse en maneras que mejoren nuestra habilidad para contender con condiciones cambiantes. Los dos mayores reflejos involucrados, son el reflejo vestibulo-ocular y el reflejo vestibulo-espinal. El primero, permite (guardar) mantener objetos visuales de interés fijos en la retina, mientras la persona está en movimiento, (un ejemplo puede ser buscando una puerta mientras rápidamente subimos una escalera hacia ella). El segundo, le permite a uno mantener la estabilidad postural cuando se está en movimiento (tal como de pie en un autobús movilizado). Estos movimientos reflejos pueden ser utilizados para evaluar la respuesta, al estímulo vestibular. La práctica clínica corriente ha sido usar el estímulo térmico, para estimular uno de los cinco movimientos sensores de la cabeza de cada oído interno, y registrar los movimientos oculares reflejos resultantes.

Esta información es combinada con el asesoramiento separado del sistema de control oculomotor y movimientos oculares que resultan desde los cambios posicionales en un sujeto. Desde este, un asesoramiento de la función vestibular es realizado. Esta batería de tests, el así llamado batería de test electro nistagmograma (ENG), ha evolucionado sobre un periodo de alrededor de 40 años y tiene varios puntos fuertes y debilidades. Los puntos fuertes incluyen la capacidad de estimular un único oído por separado, y la necesidad de un equipamiento modesto. Puntos débiles incluye la no uniformidad de los exámenes a través de Estados Unidos, y el mundo, la falta de control preciso del estímulo para los órganos de los sentidos, la necesidad de inferir la respuesta vestibular patológica desde la observación del movimiento ocular, y la capacidad para estimular uno solo de los cinco órganos sensitivos. Además, difícil la interpretación de los resultados en la luz de modelos cuantitativos de los sistemas vestibular y oculomotor.

Otras aproximaciones para evaluar el sistema vestibular están surgiendo en uso clínico limitado. Algunos apropiadamente implica el delivered más preciso control del estímulo acelerador, utilizando mediciones de las respuestas que sean comparadas a modelos cuantitativos. Ciertas de estas técnicas introducen el estímulo que pugna con los aferentes vestibulares. En ambos reflejos vestibulo-ocular, y vestibulo-espinal, las respuestas son medidas, dependiendo del test. La complejidad de dichos tests, junto con la relativamente alto costo mecánico de los aparatos de test, actualmente limitan su amplio uso clínico. No obstante, algunos de estos tests están siendo usados en numerosas clínicas y laboratorios de investigación, y con gran facilitación diagnóstica del test vestibular.

La efectividad clínica diagnóstica de mareos ó alteracio-

nes del equilibrio implica historia, examen físico neuro-otológico, tests de función vestibular, y a menudo otros estudios, como exámenes de la audición y representación (imagen) cerebral. Los tests vestibulares son solo una parte del proceso diagnóstico, solos, ellos usualmente no pueden procurar bases patológicas para la enfermedad. Pero, a menudo ellos proveen el dato distintivo sobre el lado de la anormalidad. Por ejemplo, una significativa reducción de la respuesta vestibular en solitario, donde todos los otros rasgos del test de batería son normales, usualmente indica, una alteración vestibular periférica. El registro del nistagmus posicional paroxístico, sin otra anormalidad del test de batería, es virtualmente diagnóstico de inicio de vértigo posicional.

En otro sentido, tests con múltiples anormalidades, tales como asimetría al seguimiento ocular uniforme, nistagmus evocado de la mirada, ó anomalías sacádicas, señalan localización del sistema nervioso central.

La sensibilidad y especificidad de la Batería de Test Básica de la Función Vestibular, pueden probablemente ser incrementada mediante la adopción de metodología estandarizada. En suma, ello es la espera de los clínicos, que algunos de los más modernos tests, enriquezcan la habilidad para detectar anomalías vestibulares.

El resto de éste capítulo revisa las tres categorías de tests vestibulares identificados por el grupo de trabajo. La Tabla I indica las áreas biológica y el proceso neural, que están involucrados y / o siendo examinados por las tres categorías, y siendo revisados los tests de la función vestibular individual específica

Batería de Test Básica de la Función Vestibular

Varios diferentes tests de la función vestibular son los corrientemente disponibles. Ello es generalmente concordante que, algunos de los tests que son comunmente utilizados, proveen los datos que son útiles en el screening (tamizado) de la disfunción vestibular. Pero cada test solo tiene valor limitado porque el sistema vestibular tiene una compleja interrelación con otros sistemas sensoriales. Además, la variedad de metodología y de técnicas de registro, a menudo impiden comparaciones útiles, con los resultados desde diferentes laboratorios. Un efectivo programa vestibular de filtrado, utilizará una batería de tests complementariamente estandarizados (vease Apéndice A para estandares propuestos).

La secuencia de los tests en la batería es importante, tanto como para minimizar los efectos de adaptación en el inmediato seguimiento de los exámenes y poner el test calórico el último (ello puede producir náuseas). La secuencia está contenida de lo siguiente: 1) Calibración electro-oculográfica (EOG); 2) test sacádico ; 3) nistagmus espontáneo y evocado de la mirada; 4) Test de seguimiento ocular (ETT);

5) tests de posición y postural ; y 6) test calórico. Estos tests conducen (llevan), a la evaluación y interpretación del dato.

Las descripciones y uso de estos siete etapas, le sigue una discusión de consideraciones generales por el uso de la batería, tal como sujetos, equipamiento, personal y asesoramientos. El "test optoquinético" (OKN), test usado algunas veces , como parte de ésta batería no está incluido; así desde

TABLA I DESIGNACION DE LOS TESTS VESTIBULARES

Exámenes (Tests)	Función examinada								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Batería de Test Básica de la F.vestibular (Categoría A)									
1.Calibración EOG					X				
2.Test sacádico					X				
3.Nistagmus espontáneo y evocado-mirada				X	X				
4.Test Seguimiento Ocular					X				
5.Tésts Posición y postural	X	X	X	X	X				O
6.Test Calórico	X			X	X			X	
7.Análisis y Interpretación datos.									
Tests modernos (utilizados en algunas clínicas) (Categoría B)									
1.Rotación Sobre la Vertical	X			X	X				
2.Examen Estabilidad Postural		X	X	X		X	O	O	
3.Interacción Vestibulo-Ocular	X			X	X			X	
Tests de Investigación (Categoría C)									
1.Reacciones para Rotación Fuera de Eje									
a.Supresión de Inclinación	X		X	X	X				
b.Rotación Excéntrica	X		X	X	X				
c.Rotación Fuera del Eje Vertical(OVR)	X		X	X	X				O
d.Contrarrotación Ocular (OCR)		X	X	X	X				
2.Respuestas para Movimiento Lineal									
3.Estimulación Galvánica	X	X	X	X	O	X			
4.Respuestas Vestibulares Evocadas	X	X	X	X					
5.Tests Visual,Somatosensorial,Auditivo									
a.Tests de Vección				X				X	
b.Test Somatosensoriales				X				X	
c.Test del Reflejo Cervico-Ocular			X	X				X	
d.Tests Auditivos			X	X					X
6.Tests Refusión de Estímulos	X	X		X	X		X	X	
7.Tests de Cinetosis	X	X		X				X	

x: sugiere fuerte implicación; O:indica secundaria ó tentativa de implicación.

A = Canales Semicirculares Horizontales; B= Id.Verticales; C= Organos Otolíticos; D= Procesado Neuro Vestibular; E=Sistema Oculo Motor; F=Reflejo Vestíbulo-Espinal; G=Interacciones Vestíbulo Visuales; H=Interacciones Vestibulo Somato Sensoriales ; I =Interacciones Vestibulo-Auditivas.

una instalación para registro de los oculogramas (EOG); una unidad caloricoestimulante; una común fijación visual preventiva, mientras los ojos permanecen abiertos durante algunos tests (una habitación de luz acomodada, lentes de Frenzel (+ 20 d), ó gafas oscuras; estímulo visual para ambos objetivos fijo y en movimiento para test mirada, sacádico, y seguimiento ocular.

Los individuos quienes realizan la batería de test básica necesitan ser hábiles en tratar (manejar) el público, tener la idoneidad para hacer correctamente funcionar el equipo, y tener entrenamiento específico, consistente en habilitación con el trabajo, y cursos continuados de educación. Los técnicos juegan un papel mayor en procurar una alta calidad en los registros. El conocimiento especializado también es requerido para la propia interpretación informativa del test, éste no es usualmente una parte de los principales programas de entrenamiento de residentes médico.

Es importante anotar los siguientes problemas:

- 1) Corrientemente no hay una estandarización entre los test de laboratorio para el equipo precitado, poco acuerdo en la magnitud y duración del estímulo utilizado, y amplia variabilidad en el hacer del procedimiento descrito que es informado.
- 2) Los registros electro-oculográficos ó electro-oculogramas son más exactos los pares de fuerza DC. Sin embargo, algunas máquinas ampliamente usadas también emplean pares de fuerza AC para registro de electronistagmogramas, pero estos últimos (AC) son claramente inferiores porque ellos no registran fielmente las posiciones estáticas oculares.
- 3) La condición de " ojos cerrados " es ampliamente usada en examen, pero ello puede producir resultados que son menos reproducibles que aquellos con ojos abiertos. Posibles factores en atención sean diferentes, y de ahí la desviación ocular hacia arriba de ellos cuando estan cerrados. Los registros con ojos cerrados pueden también mostrar menos energía de las respuestas calóricas, y algunos indeseables registros artefactos. Sin embargo, la alternativa de oscurecer la habitación, portar gafas acomodadoras (atenuadoras) ó lentes no están estandarizadas.
- 4) La irrigación con agua por apertura de abrazadera es usual en la práctica del test calórico, pero no hay uniformidad, estandarización de la descarga para el estímulo térmico en temperatura y duración precisa.
- 5) En algunos casos la presencia del nistagmus es notada simplemente desde las bandas de la carta de registro. En otros casos el análisis cuantitativo del análisis del dato, es hecho por el promediado del nistagmus usando métodos ma-

nuales, ó en otros lados a través de sofisticados programas computados; en ningún caso hay ningún criterio estandarizador para seleccionar, de cuales segmentos registrados serán usados en el promediado de los datos, para evaluar las respuestas oculares.

Los siguientes procedimientos son recomendados. El aparato de registro tendrá al menos dos canales independientes; cartas de registro con bandas ó un equivalente aparato computador diario de datos puede ser utilizado, tanto como ello reuna con la banda de los requerimientos listada abajo. Si una carta de registro es utilizada, las deflexiones de la pluma serán calibradas para dar 1 mm/° al movimiento ocular (a menos que una más alta sensibilidad sea necesaria), la velocidad del papel registro deberá ser estandarizada para la mayoría de los tests en un mínimo de 10 mm/s.

Los amplificadores serán de un par de fuerza DC, con paso de banda desde 0 al menos 40.Hz, tendrán diferentes referencias para reyectar el modo común de ruido. y así como una amplificación afente de la señal de aproximadamente 1,000.

El estímulo visual estacionario será de luminosidad brillante, tal como la luz emitida por diodos (LED), pequeño aunque así cada uno subtiende 1 ° ó menos del ángulo visual cuando es presentado frontal al sujeto a 1 - 2 metros. La luz amarilla es el mejor color que la luz roja, porque aquella evita algunos problemas de ilusiones de enfoque y profundidad.

Un aparato lumínico es útil, conteniendo al menos cinco de tales luces en una perspectiva oscura, con una en el centro, y las cuatro por fuera, arriba, abajo, a izquierda, y a derecha. Las luces del par, derecha/izquierda pueden estar más allá, del centro que el par arriba / abajo. Las luces estarán simétricamente desplazadas del centro para generar estímulo que produzca desviación ocular de 10 - 20 ° del centro para un vidente a una distancia de 1 - 2 mtrs. Todo lo que a desplazamiento sea elegido, será a 0.5 ° . El valor preciso será bastante grande para facilitar la calibración, pero bastante pequeño para estar con la amplitud lineal en el plano horizontal de la EOG, (aproximadamente +- 20 °), y evitar la mancha ciega (en 15 °)

El estímulo visual con trayectoria sinusoidal ó triangular para el examen ocular de seguimiento tendrá un tiempo ajustable, y una velocidad punta variable.

Cuando un test no requiera la fijación visual, la condición de " ojos abiertos en la oscuridad " es recomendada para registros más realizables y reproducibles. Esto puede acompañarse por el uso de habitaciones completamente oscurecidos, con la inherente desventaja impuesta al examinador. Otros métodos son posibles para prevenir la fijación (tal como las gafas oscurecedoras ó las lentes de Frenzel en una habi-

tación oscura), pero cada uno tiene ventajas y desventajas. Sin embargo, alguna condición de "ojos abiertos" produce artefactos eléctricos por parpadeo, lo cual no debe ser confundido con los movimientos oculares.

Es importante que la amplia batería de tests sean utilizados para interpretación de los resultados. La batería y secuencia recomendada es: 1) calibración EOG; 2) test sacádico; 3) test del nistagmus espontáneo y evocado por la mirada; 4) test de persecución ó seguimiento ocular (ETT); 5) test posicionamiento y posicional; 6) test calórico; y 7) evaluación y interpretación de los datos.

Cada test es descrito abajo con el siguiente formato: propósito del mismo, asesoramiento (utilidad y inutilidad de aquel), proceder recomendado, estímulo vestibular, objetivo visual, posición del sujeto, el examen, que evalúa y la respuesta normal.

ELECTRO-OCULO-GRAFIA (EOG) Calibración

Intención: Describir los movimientos oculares en grados por las deflexiones de la plumilla en milímetros. La estimulación vestibular produce respuestas oculomotoras características. Los movimientos oculares son una herramienta básica para la evaluación vestibular. Los tests funcionales oculomotores son colocados en lo primero de la batería de test vestibular para asesorar cualitativamente la motilidad ocular, conjugación de los movimientos de los ojos, y estabilidad del control de la mirada de un sujeto con visión normal.

Asesoramiento: La EOG es útil para obtener cuantitativos registros de cambios posicionales en el ojo. Ello es un registro de los diferentes potenciales eléctricos en la piel en los lados de los ojos que resultan desde la rotación de los globos oculares. La posición de los electrodos registradores determina cual eje de rotación puede ser registrado. Estos tests, aunque útiles, tienen desventajas:

- 1) hay técnicas más sensibles para medición de la posición ocular.
- 2) cuando las guías bitemporales son utilizados, la conjugación de la mirada no puede ser asesorada,
- 3) la EOG vertical puede no ser lineal, debido al así llamado artefacto de párpado. También puede ser contaminado por artefactos de parpadeo.

Estos artefactos pueden introducir errores de cálculo de desplazamiento y velocidades. Por consiguiente, ello puede dificultar el gráfico cuantitativo de las conclusiones desde registros verticales.

Proceder recomendado: Para esta batería, nosotros recomendamos, como mínimo standard, el uso de solo dos canales de registro. Los más útiles registros, son los de los electro-

dos bitemporales para el registro horizontal de los movimientos oculares, los otros dos electrodos para el registro de los movimientos verticales oculomotores en cara al frente (vease Apéndice A para el detalle del lugar de los electrodos). Si los movimientos oculares desconjugados están presentes, y bajo otras ciertas condiciones, los registros monooculares son recomendados (vease Apéndice A para detalles).

El sistema de registro podrá ser calibrado para una sensibilidad estandar, así que la gráfica de salida tendrá una deflexión de 1 mm/° de la posición del ojo. Las calibraciones deben ser repetidas en cada subsecuente test, debido a factores tales como la inestabilidad del potencial corneo-retiniano.

Lo acordado son que los movimientos horizontales para el lado derecho del sujeto, y los movimientos oculares hacia arriba a través de la posición cabeza al frente, den deflexiones de la gráfica hacia arriba. La más útil medición para el nistagmus, es la caída del componente lento, dándose la velocidad del componente lento en grados / segundo para una dirección determinada. Los sujetos pueden precisar uno ó dos segundos para apreciar los objetivos visuales, así es importante medir la amplitud de la completa desviación ocular, mejor que justo la amplitud de la primera sacada (vease Apéndice A por los apropiados cálculos para obtener útiles promedios de mediciones).

Estímulos vestibular: ninguna aplicación.

Objetivo visual: El aparato de luces, con el centro luminoso del mismo a nivel ocular frontal del sujeto, en una distancia de no menos de 1 metro, y preferentemente de 2 metros , para generar desviaciones de la mirada desde el centro, entre 10 - 20 °, para la izquierda y derecha. Las calibraciones deberán ser hechas bajo las mismas condiciones luminosas ambientales para cada test.

Posición del sujeto: Sentado ergido, cabeza nivelada.

Test: La posición del ojo está en deflexión 0 del trazado de registro, mientras lo fija con la mirada centrada. Cuando, se calibra la posición ocular por tener el sujeto que hacer sacadas atrás y adelante entre la luz izquierda y la derecha. Cada posición ocular será mantenida por un mínimo de un segundo, como tiempo que necesita el sujeto para adquirir visualmente el objetivo. Para calibración horizontal oscilaciones completas repetidas en al menos cuatro veces son precisas. Variando el tiempo ligeramente entre cada instrucción del cambio de mirada, para prevenir al sujeto desde realizar un ritmo, de cambio "predecible". Cuando performemos una calibración similar para la completa excursión vertical desde lo más alto a lo más bajo del objetivo. Ajustese la ganancia del amplificador de modo que 1 ° del movimiento ocular, dé una deflexión de 1 mm en el regis-

tro.

Evalua: Visualmente advierte si hay movimientos oculares desconjugados ó inestabilidad de fijación.

Respuesta normal: Fijación firme, los movimientos conjugados; movimientos simétricos, y alisados con poca ó nula baja-respuesta; 10 por % de baja-respuesta es normal para estas desviaciones. Registro de alguna asimetría en la sacada, de inicio, ó de punto final, en latencia o en amplitud.

TEST SACADA

Intención: Para asesorar la capacidad de la vista y el sistema oculomotor por rapidez, de la exacta correlación objetivo-directos movimientos del ojo. Los deficits en la producción de la sacada afectarán la interpretación de las respuestas nistágmicas oculares para la estimulación vestibular.

Asesoramiento: Ello podrá ser ideal para posibilitar determinar latencias sacádicas y exactitud, y obtener la relación cuantitativa de la velocidad ocular para la amplitud de la sacada para cada ojo (" principal diagrama secuencial "). En laboratorios que la especialidad en movimientos oculares, ésta es idialmente hecha usando amplias bandas con la medición del movimiento ocular, y registrando los trazos y por librar (dar) inesperados saltos posicionales en la visión del objeto, que tiene una amplia gama de desplazamiento. Un análisis computarizado entonces calcula, la latencia, amplitud, y exactitud de éstas sacadas. Este proceder es usualmente diferente en laboratorios que realizan la batería de test ENG.

Ellos usualmente utilizan ECG para medir sacadas, pero confían sobre la observación visual de los resultados desde trazados registros con limitada respuesta frecuencial. Porque los artefactos de los electrodos cutáneos y musculares, estos ECG tienen un peor índice señal para divulgar, que otros más sofisticados medidores de trazados. Además, como significación, la EOG vertical puede dar una insegura estimación de la posición vertical ocular. Un cronómetro es amenudo inevitable para medir la latencia. A menudo, solo muy pocas desviaciones son usadas en una amplitud, y con una dirección predecible. En algunos laboratorios, el test de calibración y el test sacadico están combinados.

Proceder recomendado: El sujeto es invitado a realizar rápidas sacadas en los planos horizontal y vertical. Si el sofisticado equipo es inevitable, entonces el siguiente mínimo test puede ser utilizado.

Estímulo vestibular: no aplicado.

Objetivo visual: El equipo de luces centrado y nivelado directamente frontal al individuo en una distancia de aproximadamente 2 metros (menos a 1 metro) para que las desviaciones de la mirada den desde el centro 10 - 20 ° a izquierda y derecha.

Posición del sujeto: Sentado erecto, cabeza nivelada.

Test: La posición ocular es calibrada por la mirada centrada. Entonces el sujeto mira a la luz izquierda, después al centro; seguidamente a la luz derecha, y al centro nuevamente. A la luz superior, después al centro; hacia la luz inferior, nuevamente volviendo al centro.

Cada posición ocular debe ser mantenida en un mínimo de 1 segundo para permitir que el sujeto adquiriera la visión del objeto. Al menos cuatro sacadas en cada dirección serán obtenidas. No realizar cambios rítmicos, solamente con algunos intervalos irregulares, para prevenir sacadas anticipadas.

Evalúa: Posición y simetría de la velocidad, alguna inestabilidad de fijación, exactamente, y sobre ó baja respuesta.

Respuesta normal: Fijación sostenida, movimientos conjugados; movimientos simétricos y lisos con poca sobre/baja respuesta; 10 por % de baja respuesta es considerada normal para estas desviaciones. Registro de alguna asimetría sacádica de inicio o de final, en latencia o en amplitud. Si las latencias y velocidades pueden ser medidas exactamente, entonces, latencias mayores de 400 ms son anormales, y grandes sacadas (30 ó 40 °) con velocidades menores de 200 ° /s son anormales.

TEST NISTAGMUS ESPONTANEO Y EVOCADO POR LA MIRADA

Intención: registrar la presencia del nistagmus que ocurra sin estímulo vestibular, cualquiera de los dos, como "espontáneo" ó "evocado por la mirada". Los electro-oculogramas lo toman mientras el sujeto dirige la mirada a reales ó imaginarios objetivos, en la primaria posición ó fuera del centro, pueden documentar el nistagmus, que puede indicar anomalías vestibulares centrales ó periféricas.

Asesoramiento: Este test puede ser menos sensible cuando se le registra, que por la simple observación porque la propagación intrínseca de su medición. El registro con par de fuerza DC es exacto, en tanto que el realizado con AC es inexacto, desde registros AC puede hacer a todos los sujetos aparecer incapacidad para mantener la mirada excentrica, como el trazado actualmente reflejado a tiempo constante en el trazado registro.

Cuando se examina sin fijación visual, ello permanece difícil

para determinar como de lejos la mirada del sujeto se ha desviado, desde el centro, cuando el nistagmus ocurre.

Proceder recomendado: El sujeto es invitado a realizar repetidas desviaciones oculares para reales y imaginarios objetivos y retorno central de la mirada.

Estímulo vestibular: No aplicado.

Objetivo visual: Equipo de luz diódica.

Posición del sujeto: Sentado erecto, cabeza nivelada.

Test: a) Con habitación iluminada y ojos abiertos, al sujeto se le dan instrucciones para mirar a todas las direcciones, a derecha e izquierda, para ver si el nistagmus aparece. b) Con ojos cerrados, y constante alertado del sujeto, darle instrucciones para mantener la mirada al frente por 30 segundos, después, arriba, abajo, derecha e izquierda como para calibraciones. c) Con ojos abiertos, pero en "oscuridad equivalente" para prevenir fijación (habitación oscura, lentes ó con gafas) (vease Apéndice A), repita la instrucción de manteniendo la mirada.

Evalúa: Presencia y tipo del nistagmus (sí hay) con la mirada en la posición primaria, mirada parética nistágmica (simétrico ú asimétrico) nistagmus por rebote de la mirada después de retorna a posición primaria (vease Apéndice B por evadir registro en nistagmus, datos analíticos y interpretación).

Respuesta normal: Mirada estable. Durante la fijación visual sostenida con ojos abiertos no presentación nistágmica. La presencia de nistagmus en posición primaria ó con desviación desde la primaria, indica anormalidad periférica vestibular ó del sistema nervioso central. Rebote nistágmico evocado por la mirada solo ocurre en desordenes cerebrales / cerebelosos. Nistagmus vestibular parcialmente compensado no está presente en la posición primaria sea con luz ó en oscuridad.

Precauciones: Compruebe que las gafas ó lentes, si las usó, no interfieren con la calibración EOG por perturbar los electrodos. Desviaciones de la mirada superiores a 40 ° pueden dar en sujetos normales, nistago evocado por la mirada. Con indicación de no fijación ó con ojos cerrados, algún nistagmus espontáneo tendrá velocidades oculares en la fase lenta menores a 10°/s. En un estudio de más de cien sujetos se mostró en el 95 %, que la presencia nistágmica era de 7 °/s. Algunos sujetos desvian las miradas lejos de la primaria posición, cuando cierran sus ojos. Esto puede producir nistagmo evocado por la mirada, que podría no ser confundido, como nistagmo en la posición primaria.

Nistagmus espontáneo congénito, característicamente tiene una larga duración, atípicas formas de sus ondas.

Asesoramiento: Este test puede ser menos sensible cuando se le registra, que por la simple observación porque la propagación intrínseca de su medición. El registro con par de fuerza DC es exacto, en tanto que el realizado con AC es inexacto, desde registros AC puede hacer a todos los sujetos aparecer incapacidad para mantener la mirada excentrica, como el trazado actualmente reflejado a tiempo constante en el trazado registro.

Cuando se examina sin fijación visual, ello permanece difícil

para determinar como de lejos la mirada del sujeto se ha desviado, desde el centro, cuando el nistagmus ocurre.

Proceder recomendado: El sujeto es invitado a realizar repetidas desviaciones oculares para reales y imaginarios objetivos y retorno central de la mirada.

Estímulo vestibular: No aplicado.

Objetivo visual: Equipo de luz diódica.

Posición del sujeto: Sentado erecto, cabeza nivelada.

Test: a) Con habitación iluminada y ojos abiertos, al sujeto se le dan instrucciones para mirar a todas las direcciones, a derecha e izquierda, para ver si el nistagmus aparece. b) Con ojos cerrados, y constante alertado del sujeto, darle instrucciones para mantener la mirada al frente por 30 segundos, despues, arriba, abajo, derecha e izquierda como para calibraciones. C) Con ojos abiertos, pero en "oscuridad equivalente" para prevenir fijación (habitación oscura, lentes ó con gafas) (vease Apéndice A), repita la instrucción de manteniendo la mirada.

Evalua: Presencia y tipo del nistagmus (sí hay) con la mirada en la posición primaria, mirada parética nistagmica (simétrico ú asimétrico) nistagmus por rebote de la mirada despues de retorna a posición primaria (vease Apéndice B por evadir registro en nistagmus, datos analíticos y interpretación).

Respuesta normal: Mirada estable. Durante la fijación visual sostenida con ojos abiertos no presentación nistágmica. La presencia de nistagmus en posición primaria ó con desviación desde la primaria, indica anormalidad periférica vestibular ó del sistema nervioso central. Rebote nistágmico evocado por la mirada solo ocurre en desordener cerebrales / cerebelosos. Nistagmus vestibular parcialmente compensado no está presente en la posición primaria sea con luz ó en oscuridad.

Precauciones: Compruebe que las gafas ó lentes, si las usó, no interfieren con la calibración EOG por perturbar los elec-

trodos. Desviaciones de la mirada superiores a 40 ° pueden dar en sujetos normales, nistago evocado por la mirada. Con indicación de no fijación ó con ojos cerrados, algún nistagmus espontáneo tendrá velocidades oculares en la fase lenta menores a 10°/s. En un estudio de más de cien sujetos se mostró en el 95 %, que la presencia nistágmica era de 7 °/s. Algunos sujetos desvian las miradas lejos de la primaria posición, cuando cierran sus ojos. Esto puede producir nistagmo evocado por la mirada, que podría no ser confundido, como nistagmo en la posición primaria.

Nistagmus espontáneo congénito, característicamente tiene una larga duración, atípicas formas de sus ondas (a menudo pendular, y alta frecuencia (2 -5 Hz), comparado con el nistagmo de fijación no heredado, y está presente a menudo en la posición primaria de la mirada. El nistagmo congénito es frecuentemente abolido por los ojos cerrados y este hecho puede ayudar en su diagnóstico.

Sujetos con lesiones vestibulares periféricas típicamente no tendrán nistagmo espontáneo, mientras la fijación visual esté presente, a menos que el sujeto sea visto con unos pocos días del episodio agudo. Desfalleciendo por definitivo nistagmo evocado de la mirada puede todavía estar presente un mes más tarde.

TEST DE SEGUIMIENTO OCULAR (ETT)

Intención: Para examinar si el sujeto puede seguir un objetivo visual moviendose continuamente en un camino preestablecido, usando los movimientos oculares uniformes. Desde el test de batería vestibular, el contar con la medición de los movimientos oculares, es importante para evaluar la función oculomotora del sujeto. Los deficits de seguimiento son asociados usualmente con disfunción del sistema nervioso central.

El sistema oculomotor usa estímulos aferentes para conducir los movimientos oculares durante el seguimiento uniforme, y este test es útil para documentar movimientos asimétricos, sacadas "de captura", y otras anormalidades que pueden indicar anomalías, primariamente en el sistema oculomotor o en otras partes del cerebro.

Asesoramiento: A menudo el sistema de seguimiento en un sujeto es contar en tener una " ganancia normal" próxima a la unidad, los valores para la ganancia de seguimiento ocular dependen del nivel de la atención del sujeto, de la medicación, y agudeza. El envejecimiento decrece la ganancia, SPOONER., y colaboradores; ZACKON y SHARPE. Completas pérdidas de los movimientos de seguimiento uniformes en una u ambas direcciones, pueden ser siempre considerados como anormales. Sin embargo, significadas asimetrías del seguimiento en la ganancia también denotan anormalidad.

Proceder recomendado: El sujeto es invitado visualmente a seguir un objetivo moviéndose periódicamente en el plano horizontal.

Estímulo vestibular: No aplicado.

Objetivo visual: EL movimiento periódico horizontal de un pequeño objetivo (2 - 3 °), con cada modalidad triangular ó sinusoidal (tal como la oscilación de un péndulo) en una frecuencia de 0'2 -0'5 Hz, con una amplitud de aproximadamente 20 ° a cada lado del centro, con una gama de velocidad entre 25 -65 °/s.

Posición del sujeto: Sentado erguido, con la cabeza erecta.

Test: Registro del movimiento del estímulo y movimiento de los ojos durante el seguimiento.

Evalua: Pérdida de uniformidad, simetría, y ganancia del seguimiento; camino y dirección de las "sacadas cogidas/de captura".

Respuesta normal: La simetría uniforme conjugada del seguimiento es normal. En sujetos jóvenes, la ganancia normal relativa para la posición del objetivo es a menudo es mejor de 0'9 (DALLOS Y COLB.; FENDER Y COLB.; STARK, Y COLBS,.), pero el seguimiento normal en sujetos mayores puede mostrarnos una ganancia de menos de 0'5 a 40 °/s. Ocasionales capturas sacádicas pueden ocurrir en sujetos normales con la atención desviada del asunto ó cuando los estímulos se desplazan demasiado rápidos. Una consistente muestra/patrón de inhabilidad para el seguimiento, en una u ambas direcciones deberá ser considera anormal.

Precauciones: Para lograrlas mejores características del sujeto, sugierase "pegue los ojos al movimiento del objetivo" ó "siga el objetivo, como si de una pelota de tenis se tratara, pueden producirse sacadas de "captura", cerca del centro donde la velocidad es muy elevada.

TEST POSTURAL Y POSICIONAL

Intención: Buscar a través del nistagmus que ocurre desde los cambios estáticos ó dinámicos en la orientación del sujeto con respecto a la gravedad. Los sujetos normales pueden desarrollar nistagmus durante movimientos desde una posición a otra, y esto es lo que se distingue desde el nistagmu posicional.

Antecedentes: La actitud corporal ó postura, induce el estímulo vestibular dentro de la batería; para mantener otras posiciones erectas, el test posicional mide los aspectos es-

táticos de la función vestibular relacionada a la orientación por la fuerza de la gravedad. Los movimientos oculares compensatorios resultantes desde cambios en la orientación de los órganos vestibulares con respecto al vector gravitacional, tal como se produce en diferentes posiciones supinas, y el nistagmus tiene lugar durante maniobras de posicionamiento que estimulan simultáneamente, el órgano otolítico y los canales semicirculares. Estos tests pueden revelar inapropiados nistagmos que usualmente aparecen posterior a la compensación normal refleja al movimiento ocular remitido.

Asesoramiento: No hay corrientemente uniforme concordancia sobre el orden de realizar las maniobras; de la duración en las posiciones en las cuales son mantenidas, ó del número de repeticiones.

Por otra parte, la condición de ojos cerrados habitualmente produce diferentes resultados, que desde la condición de ojos abiertos en la oscuridad. Todas estas variables requieren estandarización, por factores, tal como la fatigabilidad de la respuesta. Hay alguna discordancia en deficiencia de los límites de las respuestas "normales".

Proceder recomendado: El sujeto es colocado en unas posiciones de cabeza y corporales, que son conocidas para revelar anomalías, con inducción de nistagmo vestibular. Los movimientos oculares vertical y horizontal son registrados para examinar el nistagmo, que ocurre posterior al cambio posicional de cabeza con respecto a la gravedad y el nistagmo que puede ocurrir inadecuadamente. Las lentes de Frenzel son útiles dado que ellas previenen la fijación indirecta permitiendo la observación del nistagmus.

Test dinámicos deben ser hechos antes de los tests estáticos, desde que el primero prontamente fatiga al sujeto. El estímulo debe ser aplicado tan reproducible como sea posible.

Estímulos vestibulares: Inclínación rápida de la cabeza (maniobra de HALLPIKE) ó lentamente a posición estática.

Objetivo visual: Ojos abiertos en oscuridad. No fijación para tests dinámicos. Mantenimiento de ojos cerrados para tests estáticos.

Posición del sujeto: Cambios durante el test desde erguido sentado a supino

Test: a) Dinámico: Registro bitemporal EOG, vertical y horizontal inducido, ojos abiertos con no fijación (especificar si los ojos están detras de gafas ó lentes), mirada hacia adelante. Arrancar con el paciente sentado erguido, con la cabeza mantenida en la posición deseada, entonces muevase al sujeto apresuradamente desde la posición sentada a la supina, y mantengase por no menos de 20 segundos. Retornar a la posición erguida antes de iniciar la próxima maniobra. Use las siguientes secuencias: erguido a supina con la cabeza

colgada a la derecha, erguido a supina con la cabeza colgada a la izquierda, erguido a supina con la cabeza extendida. Re-señese en el registro ello mismo algunos problemas en el movimiento del sujeto ó en el mantenimiento de los contactos de los electrodos. Sí el nistagmo aparece, repitase ese test dos veces más para ver sí la habituación ocurre.

b) Estática: Posición supina del paciente, y con ojos cerrados registrar el EOG como antes, con los siguientes movimientos: giro de la cabeza a la izquierda, entonces extensión, luego extensión derecha. Repitase para el sujeto colocado en posición lateral. Sí algún nistagmo es visto, repetir el test con fijación visual.

Evalua: Presencia ó cambio en nistagmo; dirección del batido de la componente rápida horizontal y vertical del nistagmus; latencia y duración del nistagmo; fatigabilidad de la respuesta; asociación de los movimiento con vértigo subjetivo. Anotese si hay nistagmus que persista después de alcanzada cada nueva posición.

Respuesta normal: Los sujetos normales, muestran movimientos oculares compensatorios de corta duración, asociados con las características de los movimientos de cabeza; estos no serán confundidos con reacciones anormales. Algunos "normales" pueden mostrar nistagmo si los ojos están abiertos en la oscuridad, pero no nistagmus si la fijación visual es permitida. Algunos normales tienen baja velocidad nistágmica con los ojos cerrados y con actividad mental. (BARBER, y COLAB.)

Precauciones: Los hallazagos son variables en sujetos individualizados, bajo condiciones que eviten la fijación visual. Sí, el nistagmus disconjugado está presente, el registro sugerido conviene que incluya separadamente el registro monocular de los movimientos horizontales de cada ojo, y en un ojo verticalmente.

TEST CALORICO

Intención: Estimular el canal semicircular lateral de cada oído interno, por el estímulo diseñado para excitar ó inhibir el órgano terminal del vestibular, y medir las respuestas resultantes de los movimientos oculomotores. Esto produce una secuencia de cuatro respuestas, a excitación del oído derecho, inhibición del derecho, excitación del oído izquierdo, e inhibición del izquierdo. Desde ésta secuencia de estimulación es posible hacer deducciones concernientes a la función vestibular periférica y central.

Antecedentes: La irrigación del canal auditivo externo, usando líquidos que estan más calientes ó fríos, que la temperatura corporal, pueden producir un gradiente en la densidad

de la endolinfa, de los canales laterales semicirculares por la vía de un proceso de transferencia de calórica. Sí, el canal está correctamente orientado relativo a la gravedad, los cambios de la densidad producen una presión diferencial gravito-conductora, a través de la cúpula del canal estimulado. Este mecanismo por deflexión cupular, simula, las diferencias de presión de la aceleración-conductora, normalmente producidas por rotación de la cabeza, y es una de las bases teóricas para el test calórico.

La función del canal lateral de cada lado de la cabeza está cuantificada para las propuestas de filtrado ó clínica, por el registro de la dirección del movimiento ocular, magnitud, y tiempo recorrido para calcular el componente lento de la velocidad del ojo, en respuesta al estímulo térmico.

El secuencial, bitermal, binaural test calórico permite selectiva excitación ó inhibición de los canales semicirculares laterales, órganos independientes del oído izquierdo ó derecho. El intento es utilizar un estímulo térmico (no agua caliente ó helada), demasiado fuerte para estimular adecuadamente al sujeto normal, y mostrar deficiencias en el sujeto anormal.

Asesoramiento: Este test es útil por los movimientos oculares inducidos primariamente por la estimulación del canal lateral semicircular. (Las respuestas oculares son muy dependientes de la viveza del sujeto). El test calórico estimula primeramente los canales laterales, en una orientación, con gravitacional carga de un "g". Ello podrá ser mejorado para estimular otros órganos vestibulares terminales, pero esto requiere métodos diferentes y más difíciles (vease la sección sobre tests de investigación).

Este test no intenta valorar rápidamente la dinámica vestibular desde los efectos térmicos, los cuales tienen un curso del tiempo lento. Para decrecer el efecto de variabilidad en un sujeto, los índices de las magnitudes de respuesta son a menudo utilizados, dando un valuable aspecto de "autocalibración". Aunque el test calórico es extremadamente útil en determinar el sitio de una lesión vestibular, ello puede ser desconfortable para algunos sujetos. El examen calórico puede producir, vértigo, náusea y aun vómito, que pueden abruptamente finalizar algunos adicionales exámenes. De éste modo es realizado al final de la batería de test.

Hay corrientemente tres métodos de irrigación en uso: con circuito abierto de agua, con circuito cerrado de agua, y con aire. Los investigadores tienden a usar estímulos de una duración constante entre 30 y 40 segundos. Para el método de circuito abierto de agua, las temperaturas de estímulo usadas son 44 ° y 30 °, pero diferentes temperaturas son utilizadas para circuitos cerrados de agua y de aire.

Algunos laboratorios miden los EOG usando un canal horizontal, mientras algunos usan más. Del mismo modo, en otros la-

laboratorios el test se realiza con la condición de ojos cerrados, mientras que en otros, lo es con ojos abiertos en oscuridad. Así mismo, el orden secuencial de las irrigaciones es variable entre laboratorios. En suma, el método analítico de los datos es "variable". Las épocas seleccionadas para la supresión de los cálculos de fijación, varía entre los laboratorios. (Supresión de fijación es el índice del componente lento de la velocidad (SCV) del nistagmus mientras se está fijando un objetivo, para dicho componente lento (SCV) sin objetivo). Por éstas razones, hay considerable variabilidad en las respuestas normales registradas entre laboratorios, y ello dificulta, la interpretación de resultados desde otros laboratorios. Estos hechos arguyen poderosamente la necesidad de la estandarización del test calórico.

Proceder recomendado: El test utiliza cuatro secuencias de irrigación de los conductos auditivos externos, precisa un tiempo constante, usando fluidos de preciso control de temperatura. La espera de la respuesta ocular es opuesta para el estímulo frío que para el cálido del mismo oído; por el contrario, la respuesta ocular es la misma para el estímulo templado para un oído, y la fría para el oído opuesto.

Estímulo vestibular: El estímulo térmico es aplicado con el plano del canal lateral alineado con la vertical. La irrigación con agua del meato auditivo externo es considerada como la más apropiada por su simplicidad; siendo también aceptables los de circuito cerrado, y pueden ser utilizados, si el tímpano está perforado.

El estímulo térmico a través de flujo de aire no es recomendado, por ser la transferencia del calor menos efectiva, y la evaporización por enfriando puede ser un problema. Las temperaturas en el irrigador, estarán 7 ° por encima ó por debajo de la temperatura corporal, así los estándares serán de 44 ° para la templada y 30 ° para la fría. El agua helada puede ser muy incómoda, y deberá ser utilizada en determinadas condiciones (vease precauciones). Índices elevados del caudal, y buen control térmico, deben ser mantenidos por la duración del estímulo (vease Apéndice A para valores). La duración de estímulo recomendada es de 40 +- 1 segundo.

Objetivo visual: No usado. No debe haber fijación, así un ojos abiertos en oscuridad, equivalente debe ser usado, excepto para la parte del test de fijación-supresión. Para esa fijación visual, el estímulo luminoso será un pequeño objetivo (2 -3 °, aproximadamente a un metro de distancia) en el centro de la mirada.

Posición del sujeto: Supina con la cabeza inclinada hacia arriba aproximadamente 30°, para alinear el canal lateral con la vertical gravitacional. El examinador deberá verificar que el canal del oído está limpio y existe integridad timpánica antes de abrir el circuito abierto de irrigación.

Test: Con el sujeto en posición, el EOG es registrado durante 15 segundos antes de iniciar la irrigación, y durante todo el test, hasta 3 minutos siguientes del inicio del estímulo. Se anotará en el registro, el punto en el que se detiene. La secuencia recomendada de estímulo es calentar oído derecho (DC/ RW), calentar oído izquierdo (IC/ LW), enfriar oído derecho (DF/RC), enfriar oído izquierdo (IF/LC). Un test de efecto de supresión de la fijación visual con nistagmus, será hecho cuando el nistagmus esté "oscilando a la derecha", y un test cuando el nistagmus esté oscilando a la izquierda. Eligase una respuesta fuerte con los ojos abiertos en la oscuridad para utilizar la determinación del índice de fijación.

Evalua: La pendiente del componente lento del nistagmo (no la duración) durante 10 segundos, cuando más activo es el nistagmus, usualmente aproximadamente 60 segundos después del comienzo del estímulo. Calcúlese el promedio de dicha pendiente (vease Apéndice A) para obtener el componente lento de la velocidad (SCV), con la cantidad suscrita por el test particular (DC,DF,IC,IF / RC, RC, LW, LC).

TABLA II . VALORES CALORICOS NORMALES *

Fuente	N	Circuito Abierto de Agua					
		Componente Lento Velocidad (SCV) en %/s				I/D (%)	D/P (%)
		Caliente		Frio			
Propone	Gama	Propone	Gama				
BARBER y WRIGHT	114	35	11-80	28	6-50	25	23
	24						
CUSTER y colab.	20	15		15		20	18
FORD y STOCKWELL	8	22	16-28	17	11-23		
BALOH y HONRUBIA	44	21	6-68	15	5-40	22	28
HAMERSMAN; JONGKEES y PHILIPSZON	47	23	8-52	22	9-46	15	18
MEHRA	31	26	10-52	21	3-39		
HENRIKSSON	25	29	8-65	29	8-45		
CAPPS y colab.	10	16	6-26	18	8-28		
BENITEZ y colab.	30						

* Adaptada desde BARBER y STOCKWELL. Índice de fijación (FI): normal < 0'7 para BARBER & WRIGHT; < 0'6 para ASCHAN.

Respuesta normal:La gama de los valores normales del componente lento de la velocidad (SCV), es bastante amplia (vease Tabla II). Utilicé valores para calcular respuestas reducidas, ya sea bi ó unilateral; preponderancia direccional; y índice de fijación para la supresión visual (vease Apéndice A para todo lo de formulas).

Puesto que, las respuestas pueden ser influidas por hechos sutiles, tales como actividad mental, es importante que el laboratorio individualizadamente establezca su propia valoración de normalidad del test, para así asegurar no haya algún desvío desde los procedimientos de examen aceptados.

Precauciones:Los "equivalentes de oscuridad" para bloqueo de la fijación, incluyen lentes ó gafas, que no deben interferir con los electrodos. Si el nistagmus no es visto con irrigación caliente ó fría, puede ser útil el uso de agua helada. Algunos sujetos normales no mostrarán una respuesta al test calórico, porque en algunos casos presumiblemente la transferencia térmica al hueso temporal es inadecuada, y por esta razón los test rotatorios pueden ser hechos, (vease sección de tests de investigación).

Los resultados del test calórico dependen profundamente de la habilidad de un bien entrenado examinador, para deliverar de la consistencia del estímulo, y mantenerle alertado durante el test.

Análisis y Uso de la información de la Batería de Test

El test de batería no está considerado en sí mismo por ser diagnóstico. Pero tomándolo conjuntamente, los hallazgos desde la amplia batería descrita, permiten interpretaciones que pueden dirigir conclusiones útiles para el diagnóstico. Hay limitaciones sobre las interpretaciones que han sido consideradas con el asesoramiento de cada test. Que constituye una gama "normal" de respuestas, parece bastante amplia en algunos de los tests, y la estandarización podría reducir la variabilidad debido a la metodología y ayuda para mejor entender la variabilidad biológica. Cada test puede procurar alguna indicación de disfunción vestibular, y en algunos casos del posible sitio donde tiene lugar la anormalidad. La extensa cantidad de datos posibles, cubren desafortunadamente, una amplia gama de condiciones del test, y consecuentemente sugiere una amplia gama de valores normales. Para los tests calóricos, valores normales para el significado y amplitud, son mostrados en la Tabla II.

Aunque en pocos estudios la posibilidad haya aparecido de general acuerdo en la pérdida de cilios de la célula vestibular, otoconia, y el número de fibras vestibulares, alrededor de los 50 años, los resultados están mezclados sobre cambios en las respuestas calóricas y nistagmus, en razón de la edad. Esto puede ser debido a las diferentes medidas utilizadas;

por ejemplo, componente lento de velocidad y diferencias en grupos de edad. Incrementos frecuenciales nistagmicos en mayores, parecen más frecuentemente reseñados que reducciones.- Sin embargo, un estudio indica más reducción que incremento en las respuestas, en edad comprendida entre 49-84 años; otro estudio señala incremento de las respuestas hasta 60 años, seguido de reducción de respuesta alrededor de 60 años. Por el contrario varios estudios muestran la no existencia de significativas diferencias por la edad, en los nistagmus posicional y en el espontáneo.

Usando los estandares propuestos en éste informe para el Test de Batería Básico de la Función Vestibular, y descritos al detalle en el Apéndice A, se tiene la potencialidad, de tabajar en la normativa de datos con menos variabilidad ó desacuerdo.

En éste grupo estandard de los tests, se designa así a cada test que puede ser reproducido y consistentemente preformado. Tal estandarización reducirá algunas de las variabilidades corrientemente informadas, y procurará mayor facilidad, con el proceso computarizado de los datos estandarizados recogidos. El mayor énfasis en todos los tests, es sobre tres factores de la respuesta :

- 1) presencia u ausencia de movimientos oculares inducidos,
- 2) dirección simétrica u asimétrica de la oculomotricidad,
- 3) papel de la fijación visual en enriquecimiento ó inhibición de los movimientos oculares.

Comparación con gamas normales, son en algunos tests cualitativas, donde la presencia de una respuesta puede indicar patología. En otros tests, particularmente el calórico, extensos datos cualitativos son aprovechables, por cubrir las condiciones una amplio campo del test, y sugerir una área de valores normales (Tabla II).

La batería de tests es más útil [a evaluación de sujetos en y entre laboratorios examinadores , donde se puede estar bien entrenado, posibilitando la experiencia personal para dar estímulos altamente consistentes, facilitando y guardando a los sujetos en alerta durante todos los tests.

El Apéndice A define los estandares propuestos para el test de batería, y los estandares propuestos para informar los resultados del mismo. El Apéndice B, fig. B-1, dá una proposición de forma para informar los resultados de la Batería de Test Básica Vestibular. El Apéndice B, fig. B-5 y B-6, dan ejemplos a seguir para la interpretación de los resultados. Del mismo apéndice, la Tabla B-III, compara análisis utilizando técnicas de filtrado y digitalización en varios laboratorios.

Aplicaciones de estos estandares seran enriquecedoras al cambiar de información clínica, asistencia en filtrado de población "normal" para ciertas ocupaciones, y quizas eventual-

mente explique algunos mecanismos básicos de la función vestibular.

NUEVOS TESTS USADOS EN ALGUNAS CLINICAS

ROTACION ALREDEDOR DEL EJE VERTICAL

Un más exacto asesoramiento de la función del reflejo vestibulo-ocular (RVO/VOR), puede ser lograda con la utilización de la estimulación rotatoria, que con otros estímulos pues ello más íntimamente reestructuran la estimulación natural, y el estímulo puede ser exactamente cuantificado. El individuo está sentado en un sillón que gira alrededor de su eje vertical. La cabeza puede estar inclinada hacia adelante, atrás, ó girando a cada lado. Estas posiciones procuran evaluación de la función del canal vertical y lateral.

Dos tipos de aceleración angular han sido usadas con más frecuencia en en examen clínico: el impulsivo y el sinusoidal. En 1.907, BARANY, introduce un test impulsivo en el cual el sillón rotatorio era manualmente acelerado con 10 revoluciones en 20 segundos, y entonces súbitamente parado el sujeto frente al observador. La función de los canales semicirculares en el plano de la rotación fué evaluada por la medición de la duración del nistagmus visualmente monitorizado después de la rotación en sentido horario y en anti-horario.

Durante la rotación en el plano de los canales semicirculares, los dos laberintos reciben igual estimulación deferente al reflejo vestibulo-oculomotor. La respuesta representa la combinación de efectos, de la excitación estimulante de la cresta de un laberinto, y la inhibición estimuladora de la cresta contralateral (opuesta), cada medio ciclo de la rotación.

La medición de la velocidad del componente lento (SCV), del nistagmus procura un índice, para evaluar la integridad del vestibular, órgano, nervio, y vías centrales.

Una lesión destructiva de un laberinto, teóricamente, debería resultar, en dos cambios de la respuesta en los movimientos oculares. La amplitud de la respuesta sería reducida como consecuencia de la pérdida de los impulsos aferentes de ese lado, y una asimetría en la amplitud de las respuestas a la estimulación horaria y antihoraria, se presentaría, reflejando la simetría excitatoria-inhibitoria de la respuesta del nervio vestibular. El último de dicho efecto, es definido como la segunda ley de EDWALD de la función laberíntica.

La normativa de las respuestas para rotaciones impulsiva y

sinusoidal han sido obtenidas. La ganancia, fase, y la constante de tiempo, son usualmente computadas con la ayuda de pequeños ordenadores de laboratorio. Patrones normativos de datos, son mostrados en las Tablas III y IV. Como en el test calórico, la atención del paciente tiene un destacado papel en sus respuestas nistagmicas; siendo un efectivo método de activar dicha atención, mediante el uso de preguntas de trabajo mental.

La edad del sujeto, y el sexo han sido admitidos por afectar estos parámetros. La ganancia decrece con el incremento de la edad, en una manera groseramente comparable al incremento del umbral de audición (índice presbiacúsico).

WALL y COLBS, examinaron el RVO de 50 sujetos normales, uniformemente distribuidos en edad, desde 20 - 69 años, usando rotación sinusoidal del 50 % de amplitud, y una gama frecuencial de 0'005 a 1 Hz. Los parámetros de ganancia (velocidad ocular dividido por velocidad del estímulo) variaron en dependencia con la edad de los sujetos. Cuando el promedio de ganancia de 20 sujetos de edades entre 20-39 años, fué comparado con el de igual número de personas pero entre 50-69 años , 7 de 8 puntos de ganancia fueron menores para los del grupo de más edad. Solamente en las más altas frecuencias (1 Hz), el examen indicó, era alto en el grupo de mayor edad. Cada uno de los dos más bajos test frecuenciales, señalaron del grupo de mayor edad, que estaban significativamente por debajo del grupo más joven ($p < 0'05$).

Los datos de la fase no dependen de la edad. La obtenida en baja frecuencia fué hallada más grande en hombres que en mujeres, utilizando 25 hombres y 25 mujeres (de igual edad).

Los más significativos cambios hallado en las características del reflejo vestibulo-ocular, teniendo una lesión vestibular unilateral, son un descenso en sensibilidad, y un acortamiento de la constante de tiempo de la ecuación del modelo pendular de la función vestibular, a menudo utilizado para describir la dinámica del reflejo vestibulo-ocular, (HONRUBIA y COLABS); (WOLFE y COLABS). Esto es mejor detectado con estímulo impulsivo ó sinusoidal de baja frecuencia, para estimar la larga constante de tiempo del RVO.

En contraste las más altas frecuencias sinusoidales (1'0 Hz), pueden ser utilizadas para demostrar una respuesta vestibular que parece estar ausente, cuando se usan estímulos calóricos (incluyendo agua helada).

En un estudio comparativo de las respuestas rotatoria y calórica, se encontró que el examen rotatorio es consistentemente anormal en sujetos con completa parálisis periférica, pero es normal en uno y medio de los sujetos, pero con menos signi- ción que la completa parálisis unilateral calórica.

En sujetos con bilateralidad, decrecen las respuestas caló-

ricas; tres categorías de respuesta rotatoria fueron encontradas:

- 1) normal a todas las magnitudes de estimulación.
- 2) anormal pero presente después de un estímulo de gran magnitud.
- 3) ausencia de respuesta.

La gran ventaja del examen rotatorio es la sensibilidad bilateral vestibular, a la parálisis ó pérdida, la cual fácilmente puede ser confundida a través de los tests calóricos, debido a la amplia variabilidad en la magnitud absoluta de las respuestas normales, (BARBER y COLAB.). El examen rotatorio, también tiene, una más baja variabilidad en un sujeto que el test calórico, cuando se repite con el tiempo en sujetos normales.

TABLA III. ESTIMACIONES PARA LA ROTACION SINUSOIDAL Y IMPULSIVA DE LA GANANCIA, FASE Y CONSTANTE DE TIEMPO, EN NORMALES.

=====								
Frecuencia (Hz)*								

Mediciones	a	b	b	c	d	d	d	a
	0'0125	0'05	0'2	0'4	1'0	1'5	2'0	Impulso

Ganancia	0'40± 0'07	0'50± 0'15	0'59± 0'19	0'59± 0'18	0'94± 0'16	1'01± 0'12	1'14± 0'11	0'63± 0'18
Fase (grados)	39±7	10±4	1±4	0±3				12'2± 3'6

=====

Valores comunes ± desviación standard

* Magnitud de los estímulos en /s: 100, 60, 30, 20.
 Impulso de la constante de tiempo, equivalente al tiempo tomado en la declinación de la respuesta.

EXAMEN DE LA ESTABILIDAD POSTURAL

El sistema de control postural puede ser pensado como un sistema de tres estímulos aferentes, y uno eferente. Los tres estímulos sensoriales aferentes, son, visual, somatosensorial

TABLA VI. EXAMEN POR IMPULSO ROTATORIO
EJEMPLO DE UN ESTUDIO DE VALORES NORMALES

Parámetros Respuestas	Magnitud de los Estímulos (/s)				
	16	32	64	128	256
MVCL (°/s)	11'4±3'7	18'9±6'3	40'1±10'5	79'2±17'2	132'5±32'2
TMVCL (s)	2'1±1'0	2'5±1'4	2'0± 0'6	2'0± 0'6	2'7± 0'5
TDUR (s)	18'4±7'8	24'1±9'6	35'8± 9'2	36'2± 6'2	35'2± 4'7
NS (sacudidas)	—	—	61'5±16'6	—	211'0±76'0
TL (s)	—	—	—	18'2±6'6	16'6± 5'5
TA (s)	—	—	—	95'5±44'0	99'5±52'3

(Sentido horario + Antihorario x 2).

SVMX: Máxima velocidad del componente lento; TSVMX: Tiempo de SVMX; TDUR: Duración de la respuesta inicial; NB: número total sacudidad nistágmicas; TL: duración constante de tiempo. TA: adaptación a la constante de tiempo.

Constante de tiempo deducidas de YOUNG y OMAN, por adaptación al modelo pendular de la función ROV.

y vestibular. El eferente del sistema es la oscilación corporal, la cual es de hecho una compleja masa desde la que se puede implicar independientemente todas las partes del movimiento.

Los tests de estabilidad postural pueden ser divididos en dos clases. La primera categoría mide el ángulo de giro, la desviación desde una línea frontal, ó cuanto el sujeto puede particularmente de trabajo realizar antes de caer. Los ejemplos incluyen el test de Fukuda, y la batería atáxica de Fregley. Datos normativos son posibles para varias versiones del último test.

La segunda categoría de tests miden y registran, cantidades que pueden estar relacionadas con la oscilación del cuerpo, mientras el sujeto se mantiene en pie sobre un plato oscilante ó ha seleccionado puntos del cuerpo, usando otros procedimientos. Algunos datos normativos son posibles para estos

tests. Este informe se enfoca sobre la segunda categoría de medición de la estabilidad postural.

Definición del protocolo básico: El protocolo básico es para medir y registrar, las oscilaciones estimadas del cuerpo bajo una variedad de condiciones sensoriales aferentes. Sobre sinusos condiciones sensoriales aferentes, la oscilación corporal puede ser medida, permaneciendo quieto ó en respuesta a perturbación mecánica, inducida por rotación ó traslación (movimiento linial), de la plataforma soporte. La fuerza habitualmente aplicada a dicho soporte, puede ser medida a través de aparatos, de dos ó cuatro fuerzas verticales, y alguna puede resolver las fuerzas de cizalladura, que simultaneamente ocurren en el plano horizontal. Desplazamiento selectivo de partes corporales, son medidas en una ó dos dimensiones, a través de una variedad de transductores de desplazamiento. Estos incluyen artificios medidores ópticos, pero también transductores de desplazamientos, lineal y angular. Además, la actividad muscular, primariamente en los músculos de la pierna, es medida usando electromiografía (EMG).

Resultados con equipos comercialmente posibles:

Corrientemente, hay dos tipos de aparatos que son comercialmente utilizables para la medición de la estabilidad postural. Los primeros son de plataforma soporte fija, con fabricación en Europa y Japón. Algunos de estos aparatos tienen bases de datos normativas utilizables. Los segundos equipos, son plataformas de movimiento postural, fabricadas preferentemente en Estados Unidos y afuera. Los fabricantes procuran una base de datos normativa, que pueda ser usada en la evaluación clínica, de personas sospechosas de tener deficit vestibulares ó neurológicos. Los datos provenientes de grandes grupos de sujetos normales, evalúan la efectividad de éstos instrumentos para el diagnóstico clínico, y identificación de aquellos sujetos, que teniendo deficit neurológicos ó vestibulares están disponibles.

WALL y BLACK, evaluaron la efectividad de equipos dotados con una plataforma postural de fuerza fija, para barrido diagnóstico de sujetos, etiquetados como pacientes que uno pudiera sospechar están asociados con una anormalidad vestibular. Ellos hallaron, que aproximadamente el 60 por $\%$ de los sujetos diagnosticados, como pacientes en ésta categoría, mostraban anormales resultados a los tests en las referidas plataformas posturográficas fijas (sobre un N de aproximadamente 100).

La evaluación de las comercialmente utilizables plataformas posturales móviles, está corrientemente bajo la orientación de grandes centros médicos, y más datos serán disponibles brevemente. Algunos investigadores usuarios, de cada uno de las dos modalidades de plataformas, fijas ó móviles, han expresado su escepticismo en la aptitud del equipo para localizar anomalías en el sistema del equilibrio, pero éste juicio no ha sido todavía resuelto. La Tabla V, resume las recientes in-

vestigaciones llevadas a cabo en Estados Unidos, utilizando plataformas fijas ó móviles, en conjunción con otras medidas de la oscilación corporal.

Utilizando test con plataforma fija, BLACK y COLABS., examinaron a 132 sujetos con edad entre 29 - 49 años, en cuatro modalidades, usando 15 segundos en cada prueba de las modalidades selectivas. Ellos informaron de la no existencia de efectos relacionables con la edad y prueba realizada. En un grupo pequeño de sujetos mayores, entre 50-69 años. la gama no tendió, a ser más alta en los índices para todas las pruebas. Unos índices más grandes correspondieron para mayor significado, al cuadrado del radial de la desviación al rededor del promediado centro de fuerza. (BLCK, y WALL. Datos impubicados; 1.982)

TABLA V. PLATAFORMAS DE FUERZA USADAS RECIENTEMENTE EN

INVESTIGACION.

Investigado- dores	Equipo	Que es medido	Procesado ó Medido	Condición Sensorial.
BLACK Colabrs.	Plato de fuerza estacionario.	4 fuerzas verticales (ambos pies juntos)	Centro ins- tantáneo de fuerza(impli- ca el cuadra do del valor)	Ojos abiertos Id.cerrados Posición de Romberg. Id.en posi- ción tandem
STOCKWELL Colabrs.	traslación y rotación de la plataforma.Deter- minación óptica del desplazamiento de puntos selectivos corporales.	Fuerza ver- tical de ambos pies Desplaza- miento de cabeza,hombros cintura,tobillos	Medición cuantitativa en tiempo. Relación sobre modelo multi- simulador	Ojos abiertos Id.cerrados con perturba- ciones.
ANDERS Colabr.	Traslado del plato de fuerza con desplazamiento óptico medido como arriba.	Desplaza- miento corporal.	Desplazami- ento corporal relacionado a modelos no line- ales,teniendo polos y neutros	Ojos abierto Id.cerrado con per- bacio- nes.
NASHNER Colabrs.	Movimiento de traslación y rotación del plato de fuerza.	Centro de fuerza sobre cada pie,sepa- radamente(os- cilación cor- poral en la ca- dera)(EMG)*	Relacionase con el cuadra do del valor del centro de fuerza.	Ojos abierto Id.cerrados "Estabili- zación de la visión y angulo articulación

tobillo. En base a realimentación sobre sacudida y cabeceo.

Perturbaciones rotacionales y traslacionales

=====

* No estandar en equipos comerciales.

INTERACCION VESTIBULO - VISUAL

Introducción:

La evaluación de los reflejos del seguimiento uniforme (SP / ETT ?), y optocinético (OK ?), independiente ó en combinación con el reflejo vestibulo-ocular (RVO/ VOR), tienen probada validez para el diagnóstico de desordenes vestibulares.

El examen de éstas funciones usualmente permite a uno, distinguir a lesiones afectantes de estructuras vestibulares periféricas, de aquellas del sistema névioso central, y en ocasiones hace posible la identificación de la localización de la lesión, (BALOH y COLABRS).

Bases de la interacción vestibulo visual:

El mantenimiento de la mirada, equilibrio, y orientación es realizado por la interacción de los estímulos aferentes desde varios sistemas sensoriales, principalmente el vestibular, visual, y propioceptivo. En el sistema visual, los reflejos SP y OK, son los que más efectivamente se interaccionan con el RVO/VOR para producir la estabilidad de la mirada.

Las señales desde los organos vestibulares, son por vestibulo aferencias transmitidas, a neuronas vestibulares de segundo orden, en el núcleo vestibular, y más allá en el sistema nervioso central. Los referidos núcleos vestibulares son integradores finales de múltiples aferencias sensoriales. La misma neurona vestibular que responde a su estimulación vestibular, también lo hace al estímulo OK, así como a las descargas originarias de receptores extensores musculares en el cuello.

La exacta neuroanatomía subsidiaria de estas vías no está todavía completamente identificada, pero ello no es obstáculo para que la naturaleza proponga estas funciones sensoriales diferentes para interacción estrecha, para " hablarse mutuamente", para propuestas de orientación durante una variedad de movimientos de la cabeza, y condiciones sensoriales.

El reflejo vestibulo-ocular, es un reflejo en circuito abierto, eso es, le hace que no tenga la capacidad para el mismo automonitorizar sus características, y realizar cambios para su eficiencia. Dependen de los estímulos aferentes vi-

suales para procurarse realimentación, corrigiendo la información. Los sistemas optokinético y de seguimiento uniforme son sistemas de función refleja en circuito cerrado. El RVO existe para mantener la estabilidad retiniana durante el movimiento de cabeza, y los reflejos visuales colaboran con las señales vestibulares para producir este deseado objetivo. El reflejo de seguimiento uniforme (SP), depende de un sistema negativo de realimentación, que minimiza los errores entre los estímulos del movimiento y el seguimiento ocular.

Durante los movimiento de cabeza de baja frecuencia (por debajo u alrededor de 0'5 Hz), los reflejos visuales son dominantes, mientras que a altas frecuencias, los estímulos aferentes desde el sistema vestibular, sólo es suficiente para mantener la estabilidad retiniana.

Hay evidencia de que, los sistemas OK y SP, enriquecen al núcleo vestibular por diferentes vías, y el flóculo cerebeloso es conocido por participar al menos en las señales SP transmitidas a las células del núcleo vestibular. La lesión flocular puede toda vez interferir ambas con la SP la interacción vestibular.

Cuando los sujetos son sentados con luz en un tambor rotatorio circundante (ó gira a velocidad fija en una circundante figura de cortinillas), ambas visiones, la foveal y retinal periférica responden, con los sistemas OK y SP trabajando sinérgicamente. Si un pequeño tambor giratorio es mantenido delante de los ojos del sujeto con luz, ambos sistemas, foveal y parafoveal de la visión son responsables para la respuesta ocular. Estos equipos no procuran un puro estímulo optoquinético.

El entendimiento e interpretación fisiológico y comportamiento de la función vestibular, ha sido ampliamente avanzado por generaciones de modelos de control, simulando controles neuroanatomicos y fisiológicos, formando ondas para llegar a la observación de respuestas. Modelos que han sido útiles en describir y cuantificar, la función vestibular son discutidos en el Apéndice C. Los esfuerzos de los modelos corrientes a incluir, la incorporación del procesado central, interacción vestibulo-visual, y otros estímulos aferentes. Esta área es considerada muy importante para el avanzado entendimiento en éste campo.

Evaluación Clínica de la interacción vestibulo-visual:

Una pequeña serie de tests son disponibles para evaluar clínicamente estos reflejos. La introducción en el uso clínico de plataformas rotatorias, controladas con precisión lo ha posibilitado. Hay algunas posibles combinaciones de estímulo. Uno de los más comumente utilizado es discutido aquí.

El sujeto es primero examinado por función RVO/VOR, luego por OK. La frecuencia de rotación es seleccionada para generar vigorosas respuestas reflejas, sin disconfort para el sujeto; por ejemplo, 0'05 Hz, y un apex de velocidad de 60 °/s.

La estimulación OK es generada por un tambor con bandas girando al rededor del sujeto, que mantiene la mirada en la superficie interna del tambor. La estimulación vestibular es activada por giro del sujeto en la oscuridad con ojos abiertos, y la mirada mantenida al frente.

La actividad mental y la mentalización visual del área circundante en la oscuridad son importantes variables, que pueden luego ser combinadas sinérgicamente, por giro del sujeto con luz, en la misma frecuencia y velocidad, para producir la respuesta refleja, visual-vestibulo-ocular refleja, (V.V.O.R.)

La estimulación conflictiva es desencadenada por rotación del sujeto, en oscuridad, mientras se produce una fijación luminosa, la cual gira con el sujeto, para producir la respuesta, fijación V.V.O.R. Los datos normativos sumariados desde éstos tests son dados en la Tabla VI., como "normal", "normal bajo".

TABLA VI. DATOS NORMATIVOS PARA TESTS INTERACTIVOS
VISUALES-VESTIBULARES.

V O R	Ganancia	0'50 ± 0'15
	Fase	10'00 ± 4'20
O K N	Ganancia	0'83 ± 0'13
	Fase	0'70 ± 1'80
V V O R	Ganancia	0'92 ± 0'09
	Fase	0'40 ± 1'60
V O R - FIX	Ganancia	0'01 ± 0'02

* Adaptada de HONRUBIA

Ganancia es velocidad muscular. Fase está en grados

La interacción sinérgica es activada con la estimulación OK , mientras que la interacción antagónica, (V.V.O.R - FIX), lo es a través del sistema, seguimiento uniforme (SP), invitando al sujeto, para que fije un objetivo luminoso, que solamente estimule, la fovea.

TABLA VII. PACIENTES CON LESIONES FOCALES NEUROLOGICAS.*

a
SUMARIO DE ANORMALIDADES HALLADAS EN LA GANANCIA Y FASE,
DEL EXAMEN ROTATORIO SINUSOIDAL.

Localización de la lesión	O K N	V O R	V V O R	VOR - FIX
	Ganancia Fase	Ganan. Fase	Ganan.Fase	Ganan.Fase
Lóbulo parietal-unilateral:	Decrece ipsilateralmente	Incrementada bilateralmente. Normal	Decrece ipsilateralmente.	Incrementada contralateralmente.
Vestibulo Cerebelosa Bilateral:	Decrece bilateralmente.	Incrementada bilateralmente. Normal	Normal	Incrementada fase guía
Laberinto ó VIII par unilateral	Normal	Agudo decrecimiento contralateral	Incrementada fase guía	Normal
Bilateral	Normal baja	Decrece bilateralmente.	Incrementada fase guía	Normal
Medular lateral:	Decrece bilateralmente > ipsilateralmente.	N o variable dirección	Incrementada fase guía	Incrementada bilateralmente > ipsilateralmente.

a Cima fase lenta de la velocidad ocular/cima velocidad estímulo.

b Sujetos normales, completamente inhibido el VOR, en ésta frecuencia y máxima deflexión velocidad.

c Dirección de la fase lenta de movimiento ocular.

* De HONRUBIA y BRAZIER.

Interpretación de anormalidades:

La Tabla VII, desde HONRUBIA y BRAZIER, suman los resultados de la interacción visual-vestibular en sujetos, con lesiones localizadas, en los órganos laberínticos, cerebro, vestibulo-cerebelosa, y lóbulo parietal.

Lesiones, uni ó bilaterales del oído interno, no afectan visual y vestibularmente los reflejos condicionales. Lesiones del cerebro afectan, los reflejos visuales y vestibulares dependientes. Lesiones del vestibulo cerebelosas, y del lóbulo parietal, afectan de modo mediato las reflejos visuales, pero no las respuestas vestibulares. Más recientes investigaciones pueden no estar en total concordancia con éstas últimas interpretaciones.

TESTS DE INVESTIGACION

Una extensa literatura de investigación, direcciona las preguntas relacionadas con la función del sistema equilibrio. Algunos procedimientos descritos en ésta literatura intentan definir las respuestas atribuibles a un específico componente receptor vestibular ó lesión central. Sin embargo, debido a factores varios, incluida la ambigüedad de los resultados y aparatajes, ó análisis solicitados, estos "tests de investigación, no han sido adoptados por el uso clínico.

Esta sección sumaniza, los hallazgos asociados con siete clases de procedimientos de investigación:

- 1) Reacciones a rotación fuera del eje.
- 2) Respuesta al movimiento lineal.
- 3) Estimulación galvánica.
- 4) Tests de respuesta vestibular evocada.
- 5) Examinado visual, somático, y auditivo.
- 6) Adaptación a estímulos refundidos.
- 7) Examinado de la cinetosis.

REACIONES PARA LA ROTACION FUERA DEL EJE

Los procedimientos válidos para asesorar la función otolítica, también como, las interacciones, entre los órganos otolíticos, canales semicirculares, y otros sensores, son necesarios para comprender completamente, las causas, de marés, desorientación, y caída. Aunque varios han sido sugeridos, el examen clínico de la función otolítica no ha sido adoptado.

La rotación de la cabeza de un sujeto aún alrededor de un eje no vertical ó excéntrico, con respecto al eje vertical de rotación, altera la fuerza actuante sobre los órganos otolíticos. Los procedimientos descritos en ésta sección, evolucionando a través del uso clínico, en casos especiales,

ofrecer la más grande esperanza, para desarrollar un tests del receptor otolítico.

Supresión de la inclinación:

En sujetos humanos normales, la rotación en la oscuridad a velocidad constante, induce, un nistagmus vestibular, que espontáneamente decae. Con la cabeza hacia arriba, la constante de tiempo del nistagmo postrotatorio, está alrededor de 20 segundos. Cuando la cabeza inclinada, después de cesar la rotación, la referida constante de tiempo decrece, a un factor de 2 ó 3, (BENSON y BODIN), (SCH-RADER, y COLABRS).

Este fenómeno es designado, " supresión por inclinación " ó "dumping" (RAPHN y COLABRS). Se ha supuesto, que la supresión por inclinación, es causada por señales otolíticas (GUE-DRY), y hay una gran literatura sustentadora de la modulación otolítica, de la respuesta bajo frecuencial, del reflejo vestibulo-ocular(HAIN). Estas observaciones sugieren, que personas con lesiones de los otolitos, puedan mostrar anomalias al "dumping".

El test de supresión por inclinación podría mejorar el asesoramiento de la integridad otolítica, y la interacción entre los otolitos y los canales semicirculares.

Rotación excéntrica :

La rotación alrededor de la vertical terrestre, cuando el eje de rotación está por detras de los laberintos, determina un vector de aceleración centrípeta al ser sobreimpuesto, sobre el vector de la aceleración lineal debido a la gravedad. Tal rotación excéntrica cambia, ambas, la contante de tiempo (BENSON y WHITESIDE), y la ganancia (VIIRRE y COLABRS) de la respuesta del vestibular.

Los cambios en la ganancia dependen de la distancia al objeto de observación. Cuando el sujeto intenta la visión en infinito (en oscuridad), no se observa cambio en la ganancia del VOR, en relación al obtenido sin el posicionado excéntrico. Sin embargo, cuando el sujeto intenta visionar objetos, que están próximos a la cabeza (7'5 cm.), un gran incremento , (superior al doble) de la ganancia del VOR es hallado, por rotación con un radio de 10 cmts (VIIRRE y COLABRS). Por ello, se ha hecho la hipótesis de que estos cambios gananciales del VOR, son debidos a la contribución otolítica (TWEED, y COLABDRS). Sí ésta modulación es verdaderamente debida a las señales otolíticas, ello podría ser utilizado para detectar lesiones otolíticas, y la interacción entre los otolitos y los canales semicirculares.

ROTACION FUERA DEL EJE VERTICAL (OVR):

La aliniación del eje

cabeza-pies con el eje de rotación, la aceleración a constante velocidad de rotación en un eje fuera de la vertical (OVR) produce nistagmus horizontal, que dura largamente, después de decaer el nistagmus producido por la aceleración, al equivalente girando alrededor de un eje vertical terrestre. El persistente nistagmus, consiste de un sostenido sesgado componente, con una superimpuesta modulación cíclica, integrante de la fase lenta de la velocidad del movimiento ocular

Estos dos componentes no están presentes durante la rotación alrededor de un eje vertical de la tierra. La ventaja de éste tipo de estimulación es que ella posibilita estimular los otolitos dinámicamente, sin activación de los canales semicirculares. El componente sesgado ó bias, no está presente en los humanos en la falta de función vestibular. Estudios con animales sugieren que los bias componen esta atribuible por vías moduladas temporalmente de la información otolítica que después, que a través de la interpretación central, influyen la "velocidad de almacenaje", aferentes flujos de los canales semicirculares (HAIN).

De éste modo, el componente sesgado, puede procurar asesoramiento de la función otolítica, con la disposición de que los resultados también son dependientes de la integridad, de los flujos aferenciales desde los canales semicirculares. Esta interpretación está avalada por recientes hallazgos, indicadores de que la ausencia ó presencia, del referido componente sesgado, depende de la dirección de rotación fuera del eje vertical, en humanos con función vestibular unilateral, (FURMAN y COLABRS).

Sin embargo, otros estudios sugieren que los impulsos aferentes somatosensoriales, durante el RVO/VOR, modulan el canal aferente para producir, un componente sesgado, (vease la siguiente sección sobre tests somatosensoriales). Estos procedimientos brindan la promesa de refinados diagnósticos; sin embargo, más investigación humana, y experimentación animal es necesaria para clarificar su valía clínica.

WALL y FURMAN, han informado recientemente, de que la amplitud del componente de modulación, tiende a incrementarse con el aumento de la edad. Ellos estudiaron un grupo de 50 sujetos humanos normales, entre 20 y 69 años, distribuidos en 10 sujetos por cada década. El valor promedio, del componente de modulación, se incrementó de 4'09 °/s en 10 sujetos normales de 20- 29 años, a 6'71 °/s, en sujetos normales de 60-69 años. Debido a la variabilidad de los datos, estos incrementos entre valores significados, no son significantes en la $p < 0,05$ de nivel. Había, sin embargo, una definitiva inclinación del incremento de la modulación del componente de amplitud con incremento de la edad por décadas para los cinco grupos.

CONTRARROTACION OCULAR (CRO/OCR):

Así llamada, al

desplazamiento angular del ojo alrededor del eje córneo-retiniano, puede producir, por rotación de la cabeza, alrededor del eje horizontal terrestre (alabeo de la cabeza). Este desplazamiento, el cual es usualmente medido fotográficamente, tiene un valor máximo de 8-12 ° en la condición humana. La CRO, ha sido examinada durante ambas estimulaciones, estática y dinámica. Para la primera de ellas, el sujeto es rotado en una posición particular, y la mantiene durante toda la obtención. Para el examen dinámico, el sujeto es rotado continuamente en una velocidad constante (para evitar la estimulación del canal semicircular).

Resultados conflictivos han sido obtenidos desde el uso de éstos tests de rotación (DIAMOND y MARKHAM); (HOWARD). Los factores que pueden dar cuenta para estos conflictos, incluyen diferencias de los procedimientos de estimulación, dificultades en la medición de los movimientos oculares, y el hecho de que la CRO probablemente resulte desde impulsos sensoriales aferentes, además para aquellos de los otolitos.

La rotación dinámica, puede permitir, la detección de lesiones del receptor otolítico y de la vía vestibular. Los siguientes requerimientos deben ser reunidos, antes de que el examen CRO en eje horizontal, sea adoptado en la clínica:

- 1) los hallazgos que indican, que el examen CRO revelan lesiones debe ser reproducidos, y
- 2) Un posible procedimiento de análisis automático, para medir el CRO, debe ser desarrollado.

RESPUESTA AL MOVIMIENTO LINEAL:

El estímulo por movimiento oscilatorio lineal, ha sido usado, desde que fuera introducido por Ernesto MACH, para medir los umbrales de percepción (HENN). La percepción de dichos umbrales, tanto como la fase de la velocidad percibida, en la velocidad aplicada, varía de una manera consistente como función del estímulo frecuencial (GUEDRY).

Los umbrales y el tiempo requerido para detectar la aceleración lineal, han sido relacionados para la función otolítica por evidencia indirecta, observándose que los sujetos con un bajo índice de contrarrotación ocular (CRO), también tenían umbrales de aceleración lineal más altos (YOUNG y MEIRY).

Cuidado debe ser tenido en la aplicación de los tests de aceleración lineal, para asegurar que la agudeza táctil, y propioceptiva, no sean usadas, como sustitutivas de funciones vestibulares perdidas. Tempranos estudios utilizaron, la oscilación paralela que produce el movimiento de traslación puro. En los últimos años, un gran número de test

van envolviendo, la aceleración horizontal lineal, y han sido desarrollados en conjunción con el interés en la adaptación vestibular a la microgravedad (ARROTT y YOUNG), (WETZIG y COLABRS), (YOUNG, OMAN CM, y demás colaboradores).

Estos tests, exploran los umbrales, y la constante de tiempo para detectar la aceleración a lo largo de los tres ejes corporales, durante la aceleración horizontal lineal. Ellos también examinan la contrarrotación ocular y la compensación lineal oculomotriz, durante la oscilación sinusoidal. Finalmente, nulas tareas en circuito cerrado han sido introducidas para asesorar la habilidad del sujeto, al uso de la aceleración lineal percibida, para control de su ó suya propia velocidad. Estos tests, requieren complejos aparatos, y / ó considerable entrenamiento, y no se juzga apropiado para la aplicación clínica.

ESTIMULACION GALVANICA :

Los efectos de la estimulación galvánica han sido examinados por varios investigadores durante las dos pasadas décadas. Los más precoces trabajos informaron de nistagmus por estimulación bipolar de las mastoides. Esto requería corrientes de 5 a 10 mA, los cuales algunos sujetos no toleraban. Los trabajos recientes sugieren, que las lesiones del otolito, y del canal semicircular pueden ser distinguidas por la observación del nistagmus evocado por la estimulación galvánica, y los reflejos espinales galvánicos evocados (TOKITA y COLABRS).

Más recientes aproximaciones han examinado los efectos de la estimulación, mono y bipolar en la percepción de la rotación ó oscilación, la última utilizando marcadores ó plataformas oscilantes para medir las respuestas. El umbral mínimo parece estar alrededor de 0'3 a 0'5 mA, así, los estímulos son claramente tolerados.

Los sujetos normales muestran los efectos claramente, por eje: sacudida. Este sistema, puede ser usado para demostrar efectos cerviálgicos, por cambio de la dirección de la sacudida por giro de la cabeza. Registros miográficos en los músculos de la pierna, han sido también utilizados para demostración de los efectos.

En la actualidad, sin embargo, los limitados estudios en sujetos con varios diagnósticos han fallado, para mostrar, consistentes anormalidades de vías de respuesta, así que , la técnica, todavía no ha procurado su valor en la localización lesional.

RESPUESTAS VESTIBULARES EVOCADAS:

En un intento de

desarrollar una técnica de evaluación vestibular, que destaque la función periférica, y no dependa del control motor, la respuesta vestibular-evocada ha sido explorada en algunos laboratorios (ELIDAN y COLABRS), (HOOD), MOLINARI y MINGRINOS), (PIRODDA y COLABRS), (SALAMY y COLABRS), (SPIEGEL y COLABRS).

Las latencias, breve (tallo cerebral) y grande (cortical) de las respuestas han sido investigadas. Originalmente, los estímulos fueron impulsos galvánicos, pero recientemente han sido sustituidos, por breves altas aceleraciones rotatorias. Repetidos estímulos son necesarios para preformar el promedio de la respuesta evocada.

Aun cuando algunos prometedores resultados han aparecido, no está todavía claro, que la respuesta evocada vestibular no se asocie con un artefacto de la estimulación (tal como auditivo), ó que ello pueda ser modificado por lesiones conocidas del aparato vestibular. Adicional investigación es necesaria, antes que el examen de la respuesta vestibular evocada pueda ser considerado para el uso clínico.

TESTS AUDITIVO, VISUAL Y SOMATOSENSORIAL:

Algunos tests de investigación derivados desde la amplia y aceptada visión de que el aparato vestibular es una fuente única de información para el equilibrio, y la orientación, que es polisensorial,- un sistema que también recibe información desde los ojos, receptores somáticos, y oídos.

Las interacciones desde varios receptores sensoriales, que procuran información de la orientación espacial, son de interés, desde ambas perspectivas de la investigación, clínica y básica. Por ejemplo, lesiones cerebelosa y del tallo cerebral, pueden liderar epecíficos desordenes de la orientación visual. Cuestiones de investigación básica, relacionan, las contribuciones somatosensorial y auditiva a la orientación espacial, y están corrientemente bajo investigación.

TESTS DE VECCION:

En la presencia de un amplio campo, el lento movimiento de la escena visual ha sido largamente conocido como productor en el tiempo, de la sensación de automoción en dirección opuesta. Este fenómeno, llamado "vección", (lineal vección ó circular vección dependiendo del camino de la escena visual con respecto al sujeto), puede ser una sobrepotenciación perceptiva, e íntimamente asociada a las sensaciones imitativas.

El hecho que la respuesta de vección a un súbito cambio en la velocidad del campo visual, no ocurre inmediatamente, pero mejor requiere varios segundos para desarrollarse, es atribui-

do a la carencia de información confirmada desde los canales semicirculares. Similarmente, la limitación en la inducción visual inclinada, mientras observamos un campo girando alrededor del eje naso-occipital ha sido también atribuida, a falta de información confirmada desde los órganos otolíticos, concerniendo al cambio de orientación con respecto a gravedad.

El mismo estímulo, que genera la percepción del automovimiento, frecuentemente también genera movimientos oculomotores, en la forma de nistagmus optocinético, y desviación de torsión.

Ha sido establecido, sin embargo, que los movimientos oculares no son necesarios para que la vección tenga lugar. Verdaderamente, la eliminación de la motilidad ocular por fijación, la supresión puede a menudo enriquecer, la vección. Además, los movimientos oculares directamente opuestos al campo visual periférico, causado por el seguimiento de una pequeña área foveal, no cambia la dirección de la vección. Mejor, los movimientos oculares compensadores y la percepción del automovimiento, parecen estar paralelamente reflejando una similar eferencia / aferencia.

Tanto como se conoce, la vección como reforzadora de la función vestibular, no es un seguro indicador. Pequeñas investigaciones han sido prestablecidas por los datos en las relaciones entre la patología, central ó periférica del sistema vestibular, y las características del movimiento visual inducido.

Las características del campo visual que son conocidas enriquecen la vección, incluso el contraste visual en los bordes, tamaño del campo, y velocidad relativa. A velocidades un poco más elevadas, la sensación de automovimiento no aparece.

TESTS SOMATOSENSORIALES:

El aparente automovimiento, y el nistagmus son observados, cuando un amplio giro corporal en sujeto sentado es generado por el movimiento de los brazos y manos mantenido contra un estacionario, circular entorno; cuando el movimiento del brazo son generados por contacto palmar con un tambor girando alrededor con el sujeto estacionario. Cuando andamos en un lugar sobre el suelo ó girando en una plataforma; y cuando los pies son movidos en tiempo con una plataforma giratoria, ó cuando los pies giran la plataforma mientras el sujeto esta sentado y estacionario.

Por contraste, cuando el sujeto con sus brazos y palmas de las manos extendidos a los lados, es estimulado por el movi-

miento de un tambor, ellos ni exhiben nistagmus ni experimentan ilusión de movimiento corporal.

Sujetos con los ojos vendados, andando en un sitio sobre el suelo de un tambor giratorio, experimentan "aparente estar andando alrededor." Esto es, los sujetos informan del movimiento de sus cuerpos hacia adelante, aunque ellos mantengan una posición constante en la pista rotatoria. Los sujetos hallan dificultades para distinguir, el aparente del real andar alrededor; durante ambos tipos de marcha, similar compensación nistágmica aparece. (BLES y COLABRS), informaron de alteraciones en éste nistagmus compensatorio asociado con pérdida de función laberíntica.

El nistagmus sostenido deducido por estimulación somatosensorial es muy probable el componente sesgado del RVO (vease la sección de los tests de rotación fuera del eje). Ello parece que algunas fuentes de señales sensoriales, conllevan una sensación de giro, lo suficiente para producir un componente nistágmico sesgado. Sin embargo, en contradicción al nistagmo por giro fuera del eje vertical (OVAN), el cual está ausente en individuos sin función vestibular, el nistagmus producido por estar andando en una zona de una plataforma giratoria, es mucho mayor en sujetos sin función vestibular, que en sujetos controles normales.

Aparentemente, el sistema somatosensorial compensa a la pérdida de función laberíntica (BLES y COLABRS). De éste modo, quizás el OVAN es dependiente en la función vestibular, y potencialmente provea algún asesoramiento a la función otolítica, el papel del aparato vestibular para las variadas formas de nistagmus somatosensorial, están por determinar.

Otra línea de experimentación sugiere, que bajo determinadas circunstancias, la estimulación táctil y presora de la superficie del cuerpo, puede inducir ilusión de movimiento del cuerpo. La rotación reclinado sobre el eje Z ó giro en posición de "asado de barbacoa", es a menudo utilizada como una vía de exploración de la respuesta propia de los órganos otolíticos, (vease la sección de los tests de giro fuera del eje vertical); sin embargo, en velocidades rotativas sobre aproximadamente 8 - 12 rpm, el sentido de orientación de un sujeto, y el nistágmico movimiento ocular, estan generalmente determinados por los caminos soporte, la agudeza táctil y presora es procurada en aparatos experimentales, como el sujeto gira.

Para modificar las referidas agudezas, táctil y presora , en su cuerpo, un sujeto puede dramáticamente influir ambas aparentes orientaciones y caminos de los movimientos oculares , aun pensando en la posición de marcha de la cabeza y permaneciendo constante el tronco.

El exacto papel de la estimulación somatosensorial, y sus

relaciones para la estimulación vestibular es oscuro. Más investigación es requerible antes de que estos procedimientos se puedan aplicar en la clínica.

TEST DEL REFLEJO CERVICO OCULAR (COR):

Para producir una estable imagen retiniana durante los movimientos de la cabeza, los sentidos visual, vestibular y propioceptivo desde el cuello, colaboran. La importancia de cada uno varía con las especies y las circunstancias, (BARNES y FORBAT); (SUZUKI); (TAKEMORI y COLABRS); de éste modo el reflejo cervico ocular (COR) es un destacado contribuyente a la producción de una estable imagen retineal, durante los movimientos en el cerdo de guinea (PETTOROSSO y PETROSINI), y de menor ó mínima importancia en primates y hombre (BOHMER y HENN); (FULLER).

La contribución visual es dominante, en la estabilización retiniana, con movimientos de cabeza de baja frecuencia, y el reflejo vestibulo-ocular (RVO/VOR) en los de alta frecuencia. La identificación en el hombre del (COR) es difícil, especialmente en elevadas frecuencias de rotación del tronco con la cabeza fija, y pueden haber arreflexia en sujetos normales. Cuando se presenta, es probablemente anticompensatorio, 180 ° fuera de fase con el VOR; lo mejor es su ganancia baja, en la gama arriba alrededor de 0'2 Hz (CHAMBERS y COLABRS).

En salud, los sistemas visual y VOR son así de efectivos, así la contribución para estabilizar la mirada, es probablemente enteramente dominante por las aferencias vestibulares, y además innecesaria. En defectos laberínticos bilaterales, el COR puede jugar un papel en la estabilización visual durante el movimiento de la cabeza (CHAMBERS y COLABRS); (KASAI y ZEE), aunque enriquecimientos visuales aferente bajo estas condiciones también han sido identificados.

En lo mejor, la torsión del cuello produce una respuesta ocular de una variable baja ganancia, la cual es fácilmente deducible por la estimulación a baja frecuencia, ojos cerrados, y instrucciones para imaginar el movimiento de la cabeza (BALOW y FREEDMANN); (THODEN y DOERR). La ganancia así, es baja, particularmente con luz, por lo que el COR puede no tener un papel funcional en humanos normales.

En la clínica médica, la espondilosis cervical y la tirantez del cuello después de que la sobrecarga por aceleraciones sean comunes, y la cuestión de cuando se eleva sea que el COR pueda ser desarreglado por estos, y también sea que los tests por su funcional desarreglo puedan procurar evidencia física de lesión. Ello está claro desde pasadas experiencias, en las que prácticas de tests para éste propósito no eran posibles

con corriente conocimiento y tecnología. El estudio del reflejo cervico-ocular en animales, y en el hombre, es una materia de investigación en el presente; el examen clínico rutinario de la función COR no es recomendado.

TESTS AUDITIVOS :

La presentación de campos estereofónicos girando, por vía auriculares ó girando también, los campos de ambiente sonoro, puede evocar informes de aparente auto-rotación, y apropiado nistagmus compensatorio en alguno con los ojos vendados; a observadores estacionarios (LACKNER). La interpretación entre la rotación real, y el giro auto-inducido, aparentemente, no han sido investigados, y las implicaciones de éstas observaciones permecen ocultas.

TESTS POR REAJUSTE DEL ESTIMULO :

El reordenamiento de las realaciones espaciales con el estímulo, que contribuye a la orientación, han sido examinadas en numerosos estudios, (LACKNER.1) La exposición a estos ajustes usualmente resulta en una alteración de respuestas durante la misma, y postefectos, al retornar al ambiente normal; esto es evidenciado por la " adaptación sensorial-motora ".

Los estudios del reajuste del estímulo han sido seguidos principalmente, para examinar las hipótesis de investigación básica, concernientes a la integración sensorial, y para estudiar, los procesos del aprendizaje y procesado de la memoria. La investigación reciente, sugiere, que la severidad de la enfermedad del movimiento, cinetosis, experimentada durante reajustes visuales, puede correlacionarse con cinetosis severa, durante los primeros días del vuelo espacial, (OMAN y COLABRS).

Los más ampliamente examinados estímulos de reordenamiento son, la trasmutación visual, y el de la inverisión visual. Una consecuencia de la inversión de izquierda - derecha ó rotación de 180 °del campo visual, es que el aparato óptico es abordado por la cabeza, cuando el camino normal de compensación de los movimientos oculares, con el movimiento de cabeza es inapropiado para la nueva situación óptica.

Consecuentemente, cuando el sujeto desea girar su cabeza para fijar un objeto externo, que aparece 10 ° a su izquierda, el debe actualmente girar su cabeza y sus ojos 10° a la derecha, para activar la fijación foveal. Simultaneamente, el objeto aparecerá moverse en la misma dirección, como su cabeza, pero en doble índice. Ello es éste anormal movimiento del campo visual que tiende a inducir mareos y náusea. Cuando la

adaptación al reordenamiento visual ha sido bien activada, el mundo visual aparece estable durante los movimientos de la cabeza, (GONSHOR); (LACKNER.2);(STRATTON).

Varias clases de estímulos de reajuste han sido estudiados (HOWARD). Entre estos está la microgravedad. Porque la gravedad está ausente, las señales asociables con la orientación postural, y el movimiento corporal desde el aparato vestibular y receptores cutáneos, difieren de aquellos producidos en la Tierra; consecuentemente, las relaciones entre la orientación /movimiento de la escena visual, son reajustadas con respecto a las señales del vestibular. Los exámenes con estímulos reajustables, no han sido desarrollados para la puntual aplicación en la clínica.

TESTS DE CINETOSIS:

 Procedimientos para asesorar sobre la susceptibilidad a la cinetosis, son adecuados por varios propósitos, incluyendo:

- 1) determinación de la eficacia del uso corriente, y propuestas medicaciones anticinéticas, de otras terapéuticas, ó intervenciones profilácticas;
- 2) selección de pilotos de aeronaves, y entrenamiento de buceadores; y
- 3) criterio suplementario para la selección de candidato a astronauta.

Aunque, algunas técnicas diferentes han sido usadas para deducir, la cinetosis, los datos más útiles han sido obtenidos, con una limitada serie de tests. Descripciones, y valores normales, son posibles por lo siguiente:

- 1) Rotación fuera del eje vertical;
- 2) Par de fuerza de aceleración, ejecutado por los movimientos de cabeza, durante la rotación;
- 3) Paro súbito de la estimulación

Estos diferentes tests permiten al investigador, enfocar sobre los efectos de la estimulación de un receptor en particular, (canales semicirculares, receptores otolíticos, ojos) . Sin embargo, el mayor soporte científico vestibular, la panorámica que disputa la información desde la serie de receptores que procuran la información de la orientación espacial, más que la información específica convoyada por algún receptor en solitario, es una causa principal de cinetosis, (LACKNER y GRAYBIEL); (REASON).

Los procedimientos utilizados para medir la cinetosis son casi tan variados como las técnicas utilizadas para deducir ello. Estos incluyen, la respuesta del sistema nervioso autónomo (índice frecuencial cardiaco, y de la presión arte-

rial), auto-información de disconfort al movimiento, y vómito. La medición, para la respuesta autonómica, no se hace correlacionable con otras mediciones.

El autoconocimiento del disconfort es responsable, en distorsionar por el examen a los sujetos, que creen que sus intereses están mejor servidos, si ellos deniegan, la susceptibilidad a la cinetosis. Aún cuando vomitando, varía con respecto a sus características, y el grado de relieve obtenido siguiente a la emesis.

Un procedimiento para asesorar cuantitativamente sobre la cinetosis fué desarrollado por GRAYBIEL, WOOD, MILLER y CRAMER, y es ampliamente utilizado. OMAN y COLABRS, han descrito, un procedimiento estimativo de la magnitud para informar de la cinetosis. Los tests de procedimiento y la gama de respuestas "normales", asociadas a cada uno, han sido sumariadas por LACKNER y GRAYBIEL.

Amplios proyectos de investigación soportados por el Laboratorio de Investigación de Medicina Aeroespacial de la Marina en Pensacola (Florida), y el Centro Espacial Johnson de la NASA en Houston (Texas), han liderado el desarrollo de los conceptos teóricos para comprender la cinetosis que son congruentes con el desarrollo en la nueva neurofisiología. Desafortunadamente, numerosos juicios empíricos permanecen irresueltos. Estos incluyen los siguientes:

- 1) ¿ Qué relaciones hay entre los resultados de los distintos procedimientos ? ¿ Están los diferentes tests asesorando la misma cosa ?
- 2) ¿Cual es la relación susceptibilidad a la cinetosis, como tal determinada por un test, y la susceptibilidad en un ambiente operacional, tal como una aeronave de vuelo ó en vuelo espacial ingravitacional ?
- 3) ¿ Debería centrarse la investigación sobre la inicial susceptibilidad, del como medirla con un test propio, ó la habilidad individual para adaptarse a un ambiente inhabitual ?

Consideraciones sobre éstas cuestiones, tanto como el conflicto sensorial de la visión en la etiología de la cinetosis, ha liderado el examen preliminar de nuevos tests, incluyendo nuevos tests de inversión ó reversa visual, interacción vestibulo-visual, y efectos de vección.

III.

USO DE LOS TESTS VESTIBULARES PARA DIAGNOSTICO Y SELECCION

Diagnóstico Clínico

Los resultados del extenso grupo de trabajo sobre la utilidad, de los variados tests vestibulares para el diagnóstico clínico u ocupacional, están seleccionados y sumariados en la Tabla VIII.

La Batería Básica de Test, discutidas en la sección II, procura la línea básica de datos para total evaluación de la función vestibular, y también prevenir el componente del proceso del diagnóstico clínico.

Desafortunadamente, ello llega a ser obvio, desde un análisis de la Tabla I, en la que ninguno de estos tests dan un directo significado de asesoramiento, de un órgano aislado ó de una vía neural.

Todos los tests del sistema oculomotor, procuran solamente un resultado, de "normal" ó "anormal". Sin embargo, hay un consenso, que los resultados de ésta batería, reflejan, la mínima línea base de datos, y que la estandarización de los procedimientos de los tests, y del análisis de los datos, mejorará informando bien.

La exacta normativa de datos, de su variabilidad, ayudará, a la comprensión de dichos datos desde diferentes laboratorios. El informe de ésta línea base de tests es recomendable en todos los tipos de evaluación.

Los más novedosos tests de la Categoría B (discutidos en la Sección II), son algo más específico con respecto al órgano terminal y a la estimulación del subsistema, y pueden quizás liderar resultados más específicos. Ellos son recomendados por más amplio, más uniforme uso siempre que la información del subsistema que ellos direccionan es deseada.

E d a d

Aunque los estudios histológicos, limitan los cambios en los órganos terminales, alrededor de la edad de 50 años, liderado por el interés de los cambios de las características del vestibular, en los grupos correspondientes de edad, tal

TABLA VIII. TESTS VESTIBULARES DE USO RECOMENDADO

TEST	Evaluación por			
	Enfermedad	Edad	Ocupaciones Especiales	Adaptación Ambiental Inercial.
BATERIA BASICA DE TEST Tests Más Modernos	B	BN	B	B
1. Rotación alrededor eje vertical.	R	BN	B	E
2. Estabilidad postural	R	BNR	R	E
3. Interacción ves- tibulo-visual.	B	BN	R	E
TEST DE INVESTIGACION				
1. Reacciones fuera del eje de rotación:				
a. supresión inclinación	ES	EN	ESN	
b. rotación excentrica	ES	EN	RSN	
c. fuera eje vertical	E	E	E	
d. rotación contraocular	E	E	RS	E
2. Respuesta a la acelera- ción lineal	E	E	E	E
3. Estimulación galvánica	E	E	E	
4. Respuestas Evocadas vestibulares	E	E	E	
5. Visuales, somatosenso- y auditivos tests:				
a. de vección	E	E	E	E
b. " " somatosensorial	E	E	E	E
c. reflejo cervico-ocular	E	E	E	
d. auditivos	E	E	E	
6. Estímulos de reajuste	E	E	ES	R
7. Tests cinetosis	E	E	REN	R

B: línea base datos esencial para evaluación. E: Investigación experimental (deseable más desarrollada). N: Precisa normativa de datos. R: recomendada cuando indicación. S: casos especiales.

decrecimiento no ha sido claramente demostrado (vease la información limitada de datos, en el capítulo previo tratado con el análisis de batería básica, con más modernos tests en rotación alrededor del eje vertical, y de estabilidad postural, y con los tests de investigación, fuera del eje de rotación.

Cambios en los componentes vestibulares del sistema nervioso central, pueden también tener un importante papel en los desordenes del equilibrio de los mayores. La utilidad de los tests vestibulares para evaluación de la población de edad, que están en riesgo de caída por consiguiente no puede ser asesorada hasta que datos veraces, para los variados grupos sean coleccionados con equipos, y procederes en los datos analíticos, de un modo uniforme.

Amplios estudios son deseable para todos los tests en la batería básica, y en los más modernos, (y como se indica en la tabla para algunos test de investigación). Más investigación postmortem de las lesiones periféricas, en función de la edad, deberán ser realizadas.

Selección de Submarinistas, Pilotos y Astronautas

Tanto la investigación civil, como la militar en la función de asesoramiento prospectivo, de sumarinistas, pilotos, y astronautas, no ha liderado un criterio específico selectivo vestibular, ó de estandares, de características similares a los requerimientos visuales, auditivos, etc.

Aunque el examen de la función vestibular, particularmente para pilotos militares, es requerido sea lo más completo que sea posible DeHART, los resultados son utilizables solo para IDENTIFICAR las respuestas NORMALES ó sugerir ANOMALIAS vestibulares.

En ninguna vía los resultados son cuantitativamente usados para la selección, lo cual no es sorprendente considerando la ausencia de VERACIDAD NORMATIVA de los datos discutidos anteriormente. Recomendaciones adicionales no pueden ser realizadas en éstos sujetos.

Evaluación de la Adaptación Para Las Alteraciones Ambientales

Inerciales

El test básico de batería vestibular no procura predicción de la susceptibilidad a la cinetosis ó al síndrome de adaptación al espacio. Algunos de los más modernos tests, y tests

de investigación, tienen su origen en la investigación de la cinetosis, y han sido utilizados, y están siendolo en esto. y así como en la investigación descrita (DeHART).

Es obvio, que ninguno de ellos de ellos es actualmente posisibilitado para poder dar una respuesta a éste complejo problema. Aquellos indicados en la Tabla VIII , parecen para el grupo de trabajo, esenciales para más progreso en ésta área, y deberían estar más desarrollados y usados, preferiblemente como una batería, en los programas de investigación relatados.

Estandarización en éstas áreas de investigación experimental es ni económicamente factible, ni científicamente deseable ó justificable.

La identificación del conflicto sensorial, y la adaptación motorsensorial, deben ser mejor entendidas, y cuantificadas ante relevantes tests vestibulares, que pueden ser estrechamente bajos y recomendados. Claramente, la continuidad investigadora en ésta área es deseable.

IV. RECOMENDACIONES.-

La siguiente es una lista de recomendaciones preparada por el grupo de trabajo y sirve como conclusión a éste informe:

RECOMENDACION: De la gran variedad de tests vestibulares revisados en la Sección II, Asesoramiento de Tests Vestibulares, el grupo de trabajo recomienda, La Básica Batería de Test de la Función Vestibular, como el fundamental grupo de tests requeribles para toda evaluación clínica, y para la selección de grupos de ocupaciones especiales.

Los más modernos tests también descritos en la Sección II, son usados en varios laboratorios, y muestran una gran promesa para su incorporación a una futura batería básica de test. El grado para el cual los tests descritos en la Batería Básica, y los más modernos tests superan ó complementan uno a otro debe ser determinado.

RECOMENDACION: La utilidad de la Batería Básica de Test puede ser considerablemente mejorada. Su objetivo, cuantitativamente los resultados pueden llegar a ser más significativos y convenientes por los cambios entre laboratorios , y por colección longitudinal de los datos sí las instrumentaciones, procedimientos, análisis y informes podrían ser más uniformes y estandarizados.

El grupo fué bien conocedor del previo intento en una

estandarización nacional. Varios factores pueden haber contribuido, a la falta de éxito de los esfuerzos previos, incluyendo:

- 1) el asesoramiento vestibular está preformado en dos áreas especialmente separadas de la clínica - otorrinolaringología y neurología,
- 2) los investigadores, desde numerosas disciplinas, van desde ingeniería, y sicología a fisiología y medicina, contribuyen al asesoramiento de la información de la investigación vestibular, y
- 3) no hay actualmente en USA organización profesional que posibilite exitosamente, para promover la estandarización de procedimientos para el asesoramiento vestibular.

Consecuentemente, el referido grupo de trabajo desarrolló y accedió a redactar los estándares del Apéndice A, y las recomendaciones de inmediata adopción. Para más progreso y adopción oficial por las respectivas organizaciones profesionales deberán seguir.

La adopción de un ANSI (American National Standard Institute) para estandarizar estos tests sería considerado y apoyado. El borrador de estándares del Apéndice A están basados en los más bajos significados denominadores del presente uso práctico.

Mayores progresos de los estándares propuestos con marcado consenso, mejoran la instrumentación y la técnicas de análisis, y más cuantitativa deficiencia de valores normales es considerada en el próximo paso.

RECOMENDACION: Por marcado uso clínico tanto como por la potencial selección ocupacional, el desarrollo sistemático de los tests Básicos de Bateía, y los más modernos tests es absolutamente esencial. La estimulación de los receptores vestibulares humanos requieren, una gran, complejo y costoso aparataje de movimiento.

RECOMENDACION: Hasta que los tests esten estandarizados, nuestra veracidad y exactitud deberian ser estudiadas, y la distribución de los índices característicos del test a través de una población, y a través de diferentes poblaciones documentado.

Es sorprendente que en espíritu de la sofisticación del examen vestibular de la comunidad, datos tales (por ejemplo, cambios normales con la edad), no sean generalmente disponibles.

Esto está en contraste con el resto de los resultados obtenidos de otras funciones fisiológicas, tales como la visión ó la audición. Una razón para ésta fuera de duda, la falta de grandes reservas para establecer tal normativa de datos.

La colección de estos datos debería serle dada alta prioridad por las agencias, para el acopio nacional, en el futuro.

RECOMENDACION: El grupo recomienda, la evaluación de la eficacia de éstos tests para propósitos clínicos, y selección ocupacional. El éxito de estos esfuerzos dependerá de la recolección de datos normativos (veanse los procedimientos recomendados).

RECOMENDACION: La investigación considerará potencialmente la ayuda tecnológica deberá estar apoyada con el objetivo de avanzar la capacidad de examen vestibular. La introducción de equipamiento digital, económica, computarizado, con más uniformes técnicas de análisis (Apéndice B), y el uso de modelos matemáticos, para describir la función vestibulo-ocular, y cuantificar los resultados (Apéndice C) , hacen el campo del examen vestibular, muy dinámico y sujeto a potenciales mejoras.

RECOMENDACIONES: Después de establecidos los estándares y procedimientos de los tests, es recomendable que la consideración sea, la de dar uniforme entrenamiento, y potencial certificado de técnicos para recoger, reducir y informar el dato.

RECOMENDACIONES: Las especificaciones de las características para los instrumentos, tanto como las técnicas de análisis , deberán ser estandarizadas para garantizar, la uniformidad y comparación de los datos. Las líneas directrices de la instrumentación propuestas en Apéndice D, son el primer paso para la guía industrial también como experimental. Tal estandarización no es un intento para impedir el progreso, pero sí para procurar una base común en la comparación entre todos los resultados.

RECOMENDACIONES: Los más modernos tests han sido utilizados ampliamente, bastante por meritoria recomendación ,para generalizar su uso en varios especializados centros. Los esfuerzos serán basados en hacer el equipamiento y los protocolos de los tests más uniformes, para que así la comparación cuantitativa del resultado del test, pueda ser expuesta entre instituciones. Para dicho fin, referencias desde grupos usuarios concernientes con éstos tests serán incorporadas.

RECOMENDACIONES: Los tests de investigación son recomendados para un mayor desarrollo y estudio. En la evaluación clínica, alguno de ellos puede ser utilizado para suplementar, los resultados del test Batería Básica, y potencialmente de los más modernos tests. Ellos todavía no son necesariamente recomendables para adopción y duplicación general.

RECOMENDACION: En orden para activar la línea eferencial de objetivos, una aproximación interdisciplinaria es necesaria. Por consiguiente, el grupo recomienda, apoyo a través del entrenamiento entre los laboratorios de varias disciplinas, que actualmente preestablecen el examen vestibular. Los laboratorios que actualmente estan concentrados en una disciplina única, como fisiología, sicología, bioingeniería, otoneurología, neurología, ó otología, deberán beneficiarse a través de tal entrenamiento.

ABRIR CAPÍTULO 4

