COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACIÓN CIVIL

A – 32/97

INFORME TÉCNICO

Accidente ocurrido el 25 de junio de 1997 a la Aeronave Socata Rallye 235, matrícula EC-DMX, en Villalba de Adaja (Valladolid).

MINISTERIO
DE FOMENTO

A – 32/97

INFORME TÉCNICO

Accidente ocurrido el 25 de junio de 1997 a la Aeronave Socata Rallye 235, matrícula EC-DMX, en Villalba de Adaja (Valladolid).

MINISTERIO
DE FOMENTO

SUBSECRETARÍA

COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN
DE ACCIDENTES E INCIDENTES
DE AVIACIÓN CIVIL

COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACIÓN CIVIL		
Tel.: +34 91 597 89 60 Fax: +34 91 463 55 35	E-mail: ciaiac@mfom.es http://www.mfom.es/ciaiac	c/ Fruela 6, planta 1 28011 Madrid (España)

ADVERTENCIA

El presente Informe es un documento técnico que refleja el punto de vista de la Comisión de Investigación de Accidentes e Incidentes de Aviación Civil en relación con las circunstancias en que se produjo el evento objeto de la investigación, con sus causas y con sus consecuencias.

De conformidad con lo señalado en el Anexo 13 al Convenio de Aviación Civil Internacional y el Real Decreto 389/1998, de 13 de marzo, por el que se regula la investigación de los accidentes e incidentes de aviación civil, la investigación tiene carácter exclusivamente técnico, sin que se haya dirigido a la declaración o limitación de derechos ni de responsabilidades personales o pecuniarias. La conducción de la investigación ha sido efectuada sin recurrir necesariamente a procedimientos de prueba y sin otro objeto fundamental que la prevención de los futuros accidentes. Los resultados de la investigación no condicionan ni prejuzgan los de cualquier expediente sancionador que, en relación con el evento, pudiera ser incoado con arreglo a lo previsto en la Ley de Navegación Aérea.

INDICE

1.- INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS 1
1.1.- Reseña del vuelo 1
1.2.- Lesiones a personas 1
1.3.- Daños sufridos por la aeronave 2
1.4.- Otros daños 2
1.5.- Información sobre la tripulación 2
1.5.1.- Piloto al mando 2
1.5.2.- Fotógrafo 2
1.6.- Información sobre la aeronave 2
1.6.1.- Célula 2
1.6.2.- Certificado de aeronavegabilidad 3
1.6.3.- Registro de Mantenimiento 3
1.6.4.- Motor 4
1.6.5.- Hélices. 4
1.7.- Información meteorológica 4
1.8.- Ayudas a la navegación 4
1.9.- Comunicaciones 4
1.10.- Información sobre el aeródromo 5
1.11.- Registradores de vuelo 5
1.12.- Información sobre los restos de la aeronave y el impacto 5
1.13.- Información médica y patológica 5
1.14.- Incendio 5
1.15.- Supervivencia 6
1.16.- Ensayos e investigaciones 6
1.16.1.- Trayectoria de la aeronave 6
1.17.- Información adicional 6
1.17.1.- Desorientación espacial en vuelo 6

2.- ANÁLISIS 9
2.1.- Desarrollo del vuelo e impacto 9
2.2.- Maniobras realizadas 9

3.- CONCLUSIONES 11
3.1.- Evidencias 11
3.2.- Causas 11

4.- RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD 12

ANEXO A: Croquis A1

ANEXO B: Fotografías B1

ANEXO C: Desorientación espacial C1

ABREVIATURAS

00 ºC	Grados centígrados
00º 00' 00"	Grados, minutos y segundos
Ac	Altocúmulos
ACC	Centro de Control de Area
ADF	Equipo receptor de señal de radiofaros NDB
AIP	Publicaciones aeronáuticas internacionales
APP	Oficina de Control de Aproximación
ATC	Control de Tránsito Aéreo
CAT I	Categoría I OACI
Ci	Cirros
CRM	Crew Resource Management (Gestión de Recursos de Cabina)
CTE	Comandante
CTR	Zona de Control
Cu	Cúmulos
CVFR	Reglas de Vuelo Visual Controlado
CVR	Registrador de Voces en Cabina
DH	Altura de Decisión
DME	Equipo medidor de distancias
E	Este
EPR	Relación de presiones en motor
EM	Emisor/Emisión
ETA	Hora prevista de aterrizaje
FAP	Punto de aproximacion final
FDR	Registrador de Datos de Vuelo
ft	Pies
g	Aceleración de la gravedad
GPWS	Sistema de Avisos de Proximidad al Terreno
h. min: seg	Horas, minutos y segundos
hPa	Hectopascal
IAS	Velocidad indicada
IFR	Reglas de Vuelo Instrumental
ILS	Sistema de aterrizaje por instrumentos
IMC	Condiciones meteorológicas instrumentales
INTA	Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial
Kms	Kilómetros
Kts	Nudos
Kw	Kilowatio
lbs	Libras
m	Metros
MAC	Cuerda media aerodinámica de la aeronave
mb	Milibares
MDA	Altitud mínima de descenso
MDH	Altura mínima de descenso
METAR	Informe meteorológico ordinario
MHz	Megahertzios
MM	Baliza intermedia del ILS
N	Norte
N/A	No afecta
NDB	Radiofaro no direccional
MN	Milla náutica
OM	Baliza exterior del ILS
P/N	Número de la Parte (Part Number)
PF	Piloto a los mandos
PNF	Piloto no a los mandos
QNH	Ajuste de la escala de presión para hacer que el altímetro marque la altura del aeropuerto sobre el nivel del mar en el aterrizaje y en el despegue
RVR	Alcance visual en pista
S/N	Número de serie
S	Sur
Sc	Estratocúmulos
Shp	Caballos de vapor al eje
SVFR	Reglas de vuelo visual especial
TWR	Torre de Control
U T C	Tiempo Universal Coordinado
VIP	Pasajero muy importante
VMC	Condiciones meteorológicas visuales
VOR	Radiofaro omnidireccional VHF
W	Oeste

1.- INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS

1.1.-Reseña del vuelo

El día 25 de junio de 1997, la aeronave Socata Rallye 235 había aterrizado en el Aeropuerto de Valladolid a las 13:11 horas[1]. Poco después presentó plan de vuelo para continuar desde el citado aeropuerto hasta el Aeródromo de Cuatro Vientos, según las reglas de vuelo visual.

Antes de emprender el vuelo, repostó 200 litros de combustible AVGAS 100LL.

A las 14 horas despegó en dirección a la localidad de Villalba de Adaja (Valladolid), situada a 35 Km. en línea recta desde el aeropuerto de partida, con objeto de realizar una operación de fotografía oblicua. Aproximadamente a los 15 minutos de vuelo, cuando se encontraba sobrevolando el lugar citado, se precipitó contra el tejado de una casona.

Según declaración de los testigos, la aeronave describió tres circulos por los alrededores en el sentido de las agujas del reloj volando cada vez más bajo, impactando finalmente con el tejado.

Como consecuencia del incendio originado, los restos de la aeronave quedaron totalmente calcinados, pereciendo la tripulación de la misma.

La aeronave estaba explotada por una sociedad dedicada a la fotografía aérea. La tripulación estaba compuesta por el piloto al mando y el fotógrafo que era además socio de la empresa.

1.2.- Lesiones a personas

LESIONES	MUERTO	GRAVES	LEVES / ILESOS
TRIPULACIÓN	2		
PASAJEROS			
OTROS			

[1] Todas las horas son U.T.C., excepto que expresamente se indique lo contrario.

1.3.-Daños sufridos por la aeronave

La aeronave resultó totalmente destruida como consecuencia del impacto y sobre todo por el posterior incendio.

1.4.- Otros daños

Como consecuencia del impacto con el tejado y el posterior incendio de la aeronave, la techumbre de la casona se incendió destruyéndose en su totalidad y con daños importantes en sus muros y estructura.

Los servicios de extinción de incendios necesitaron más de 1 hora y 15 minutos para apagar el fuego que se produjo.

1.5.- Información sobre la tripulación

1.5.1.- Piloto al mando

Edad / Sexo:	33 años / Varón.
Nacionalidad:	Española.
Título:	Piloto de Comercial de Avión.
Número:	7.517
Antigüedad:	20/07/1990
Horas totales de vuelo:	1.800

1.5.2.- Fotógrafo

A bordo de la aeronave viajaba una segunda persona, dedicada a las tareas de fotografía, que ocupaba el asiento del copiloto.

1.6.- Información sobre la aeronave

1.6.1.- Célula

Marca:	Morane Saulnier

Modelo:	Rallye 235 E
Nº de Fabricación:	13148
Año de Fabricación:	1979
Matrícula:	EC-DMX
M.T.O.W.	1.200 kg.
Propietario:	FOTOGRAFIA F3
Explotador:	FOTOGRAFIA F3

1.6.2.- Certificado de aeronavegabilidad

Número:	2198
Clase:	Normal.
Categoría:	Trabajos Aéreos. Aeronave idónea sólo para el vuelo visual. Normal.
Modalidades de Trabajos Aéreos:	Fotografía oblicua. Remolque de cartel. Lanzamiento de octavillas.
Fecha de expedición:	6/03//1981
Fecha de caducidad:	18/10/1997

1.6.3.- Registro de Mantenimiento

Ultima revisión de100 horas:	22/05/1997
Horas última revisión 100 horas:	2.159:15
Ultima revisión general:	01/07/1993
Horas última revisión general:	1.781

1.6.4.- Motor

Marca:	Lycoming
Modelo:	O – 540 - B4B5
Potencia:	235 Hp
Número de serie:	RL 15423 – 40A
Ultima revisión de100 horas:	22/05/1997
Horas última revisión 100 horas:	159:15

1.6.5.-Hélices.

Marca:	Hartzell
Modelo:	BHC-C2YK-1BF
Número de serie:	CH22165
Revisión general:	12/08/1995

1.7.- Información meteorológica

La información meteorológica disponible y más cercana data de una estación situada a 9 Km. y en la franja horaria en que se produjo el accidente era de viento de 11 nudos de intensidad y con rachas máximas de 20 nudos y dirección 252º.

Las condiciones de visibilidad eran buenas.

1.8.- Ayudas a la navegación

No afectan a este caso.

1.9.- Comunicaciones

No consta que se establecieran comunicaciones entre la aeronave y alguna estación terrestre u otras aeronaves.

1.10.- Información sobre el aeródromo

No afecta a este caso.

1.11.- Registradores de vuelo

La aeronave no disponía de registradores de vuelo. No son preceptivos para las de su tipo.

1.12.- Información sobre los restos de la aeronave y el impacto

La aeronave estaba dando vueltas alrededor de la zona del accidente, girando a derechas hasta un número de tres veces, en el último giro la aeronave se encontraba a unos 20 mts. del suelo y poco después impactó sobre el tejado de una edificación.

Producido el impacto, la aeronave comenzó a arder y el plano izquierdo explosionó yendo a caer a la calle anexa a la casona, junto con un trozo del timón de profundidad en parte quemado, siendo la parte de la aeronave que más alejada quedó. Todos los demás restos quedaron esparcidos en el lugar del impacto y mezclados con la techumbre derrumbada.

Los restos, debido a la temperatura alcanzada, quedaron totalmente fundidos y únicamente se pudieron identificar las partes de mayor volumen, como el motor, o las partes metálicas que quedaron más alejadas del foco del incendio. Por tanto, no se pudo obtener información alguna de ellos.

La hélice sufrió los efectos del fuego, presentando zonas de material fundido en las puntas de las palas. Las palas se encontraron dobladas hacia atrás y torsionadas respecto de sus ejes longitudinales; las puntas estaban dobladas hacia adelante y presentaban fuertes roces en sentido oblicuo.

1.13.-Información médica y patológica

Los ocupantes de la aeronave fallecieron como resultado del impacto y el posterior incendio.

1.14.- Incendio

Los restos de la aeronave se incendiaron. Es probable que el fuego se produjera al arder el combustible derramado de los depósitos al romperse durante el impacto.

El incendio fue de tanta violencia y se propagó con tanta rapidez que hizo imposible la ayuda de las personas que habitaban la casa y de los testigos que vieron caer a la aeronave.

1.15.-Supervivencia

Dadas las características del accidente, prácticamente no había probabilidad de supervivencia para los ocupantes.

1.16.-Ensayos e investigaciones

1.16.1.- Trayectoria de la aeronave

La aeronave llegó a la localidad de Villalba de Adaja distante 35 Km. en vuelo recto del Aeropuerto de Valladolid.

Según declaraciones de los testigos, antes de producirse el suceso, la aeronave describió tres círculos en el sentido de las agujas del reloj sobre el lugar. El último viraje se efectuó a una altura no superior a 20 mts. De la posterior inspección visual del terreno se desprende que este último viraje tuvo que ser bastante ceñido debido a la presencia enfrente de su trayectoria, y a una distancia de poco más de 30 mts., de la torre de la iglesia.

1.17.-INFORMACIÓN ADICIONAL

1.17.1.- Desorientación espacial en vuelo

La desorientación espacial es un estado que se caracteriza por la errónea percepción de la propia posición con respecto a la superficie de la Tierra.

Para orientarse correctamente, el ser humano está dotado con tres sistemas que intervienen como órganos de recepción y elaboración de las señales y estímulos externos: El órgano de la visión, el sistema propioceptivo y el aparato vestibular u órgano del equilibrio del oído interno. Errores de percepción, también llamados ilusiones, a nivel de cualquiera de estos tres sistemas, pueden dar lugar a fenómenos de desorientación espacial que, en el caso del vuelo, pueden tener consecuencias muy graves para el piloto si no actúa de forma adecuada cuando se presentan.

La percepción de la orientación es un sentido de la posición lineal y angular de cada uno, además del movimiento relativo de la aeronave respecto a la superficie de la tierra. Esta percepción puede ser primaria, es decir, natural y se basa en sensaciones visuales, vestibulares, etc.; o también, secundaria o artificial que se

construye en base a los datos ópticos o acústicos, presentados por los instrumentos de vuelo.

Las ilusiones en vuelo están clasificadas en aquellas que resultan de una errónea percepción visual y en aquellas que afectan al aparato vestibular. Este último sistema es el que responde a las aceleraciones, para ello dispone de dos receptores específicos: Los otolitos del utrículo y sáculo para aceleraciones lineales, y de los canales semicirculares para las aceleraciones angulares. Los errores de percepción en relación con las aceleraciones lineales se denominan ilusiones somatográvidas, mientras que los relacionados con aceleraciones angulares se denominan ilusiones somatogiras.

La ilusión somatogira es una falsa sensación de rotación que resulta de la pérdida de magnitud o dirección de la rotación que se realiza. En concreto, este tipo de ilusión es el resultado de la incapacidad del conducto semicircular del oído para registrar exactamente una prolongada rotación.

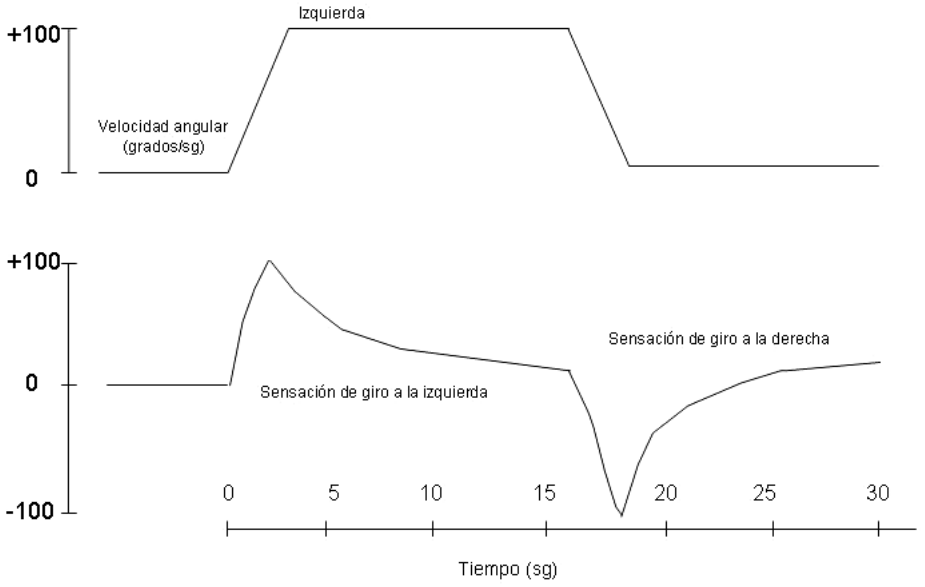
Cuando una persona está sometida a una aceleración angular, por ejemplo, alrededor del eje de guiñada, el movimiento angular es el primero que se percibe porque la dinámica del sistema de los conductos semicirculares causa una respuesta como la de un acelerómetro que midiera la variación angular. Si a una aceleración le sigue inmediatamente una deceleración, como ocurre en el medio ambiente terrestre, la sensación que se produce es la de giro en un sentido y después la parada, con una sensación bastante exacta del movimiento. Sin embargo, si la aceleración angular no es seguida por una deceleración, el resultado de la sensación de rotación se va reduciendo y eventualmente desaparece.

Si posteriormente sometemos a una deceleración angular después de un periodo prolongado de velocidad angular constante, supongamos después de unos 10 segundos o de una serie de constantes giros, nuestro sistema de señal de los conductos semicirculares nos devuelven un giro en dirección opuesta con una velocidad angular constante, incluso aunque estemos dando vueltas más lentamente en la misma dirección. Incluso después de cesar la rotación, la sensación de giro persiste durante varios segundos.

En condiciones de vuelo con baja visibilidad, la ilusión somatogira puede ser fatal. Los giros son un claro ejemplo de cómo este tipo de ilusión puede desorientar al piloto. Esta situación comienza con la entrada intencionada o no intencionada en un giro continuado. Por ejemplo a la izquierda. Al principio, el piloto percibe correctamente el giro porque la aceleración angular asociada con el giro desvía la cúpula la cantidad apropiada en la dirección que le corresponde. La prolongación de los giros, sin embargo, hace que la sensación de giro a la izquierda disminuya, debido a que la posición de la cúpula retorna a su posición original. Al intentar parar el giro a la izquierda aplicando el timón de dirección a la derecha, la deceleración angular produce que el piloto perciba un giro a la derecha, aunque su intención fuera únicamente detener el giro a la izquierda. Un piloto que desconozca esta posibilidad, probablemente realice una maniobra de timón a la izquierda para contrarrestar la señal de sensación no deseada de giro hacia la

derecha. Esta acción neutralizará la sensación que percibe el piloto pero hará que la aeronave quede sin control.

La aceleración angular creada por la realización de giros consecutivos y en el intento de recuperación del piloto, produce un inapropiado reflejo vestíbulo ocular o movimiento ocular llamado nistagmus. Por ello, cuando el medioambiente que rodea al piloto es la cabina y este intenta fijar la vista en un punto, como puede



ser al hacer la lectura de los instrumentos de vuelo, se mantiene la sensación de rotación con la consiguiente desorientación espacial y perdida de control de la aeronave.

Como muestra la figura, durante un giro prolongado a velocidad constante, los receptores de los canales semicirculares sólo dan una correcta información durante los primeros segundos de la maniobra, no más de 10 a 20 sg.

En un giro típico a una velocidad de 120 a 150 grados/sg, transcurridos de 15 a 30 sg. el piloto es incapaz de identificar cualquier estimulo de origen puramente vestibular.

Cabe añadir que las ilusiones somatogiras y las oculogiras asociadas no tienen por qué seguir una evolución paralela en el tiempo. El piloto puede haber fijado la imagen y continuar con la sensación de giro.

Para más información ver ANEXO C.

2.- ANÁLISIS

2.1.- Desarrollo del vuelo e impacto

La aeronave despegó del Aeropuerto de Valladolid a las 14 horas. Se dirigió a Villalba de Adaja (Valladolid) para realizar un vuelo de fotografía oblicua.

Las condiciones meteorológicas conocidas, en lo que a intensidad de viento se refiere, y que fueron tomadas en una estación distante 9 Km del lugar del accidente, no permiten hacer una estimación fiable de la intensidad del viento que se encontró la aeronave durante el suceso y, por tanto, no es posible evaluar la influencia de este factor.

Según declaración de los testigos, realizó al menos tres giros por los alrededores en el sentido de las agujas del reloj. Esta situación se corresponde con la operación en la que el fotógrafo va sentado en el lado derecho de la cabina y el piloto mantiene la aeronave próxima al terreno.

Cuando inició el último giro, la altura de la aeronave era aproximadamente de 20 mts. sobre el suelo. La presencia de la torre de la iglesia pudo determinar que el piloto acentuara la actitud de alabeo. Ello indujo probablemente un descenso momentáneo que resulto ser crítico dadas las condiciones con las que seguramente se inició la maniobra: altura y velocidad reducidas, tal como exige el trabajo de fotografía.

Seguramente, el extremo del plano derecho y el morro fueran los primeros que impactaron con el tejado. A continuación, el combustible se derramó y el depósito del plano izquierdo explotó saliendo despedido a la calle colindante a la vivienda.

Del examen de la deformaciones que presentaban las palas de la hélice se deduce que el motor proporcionaba potencia en el momento del choque contra el suelo.

2.2.-Maniobras realizadas

El piloto se encontraba realizando una serie de giros enlazados unos a otros. En el curso de la maniobra que realizaba la aeronave iba perdiendo altura en cada uno de ellos.

Durante los giros la aeronave tendría una actitud de alabeo determinada la cual fue incrementada por la presencia del obstáculo que constituía la torre de la iglesia. La altura y la velocidad de vuelo eran bajas por las propias características de la maniobra y cualquier alteración podría producir la entrada en perdida.

Aunque parece definida la forma en que cayó la aeronave, debemos tener en cuenta que, por el tiempo que el piloto llevaba en esa actitud, se hubiera producido la acomodación del organismo a esa situación. Al encontrarse con la exigencia de alterar la trayectoria que llevaba teniendo que aumentar el alabeo, no debió de prever correctamente el fenómeno de ilusión somatogira asociada a ese tipo de maniobra y al que debía estar habituado, dado el tipo de trabajo que estaba realizando. Las condiciones iniciales en las que se produjo esta maniobra, en cuanto a altura y velocidad reducidas, resultaron definitivas, rebajando la posibilidad de una reacción con tiempo suficiente ante cualquier error.

3.- CONCLUSIONES

3.1.- Evidencias

El piloto estaba cualificado para el vuelo y contaba con una licencia válida.

La aeronave había sido mantenida de acuerdo con el Plan de Mantenimiento establecido y tenía un Certificado de Aeronavegabilidad en vigor.

La aeronave estaba realizando una operación de fotografía oblicua, describiendo trayectorias helicoidales con sentido de giro a la derecha.

En el último giro, la altura era baja y su trayectoria se vio alterada por la proximidad de la torre de la iglesia.

Los restos de la aeronave quedaron totalmente destruidos por la acción del fuego producido con posterioridad al impacto.

La inspección de la hélice demuestra que el motor se encontraba funcionando en el momento del impacto.

3.2.- Causas

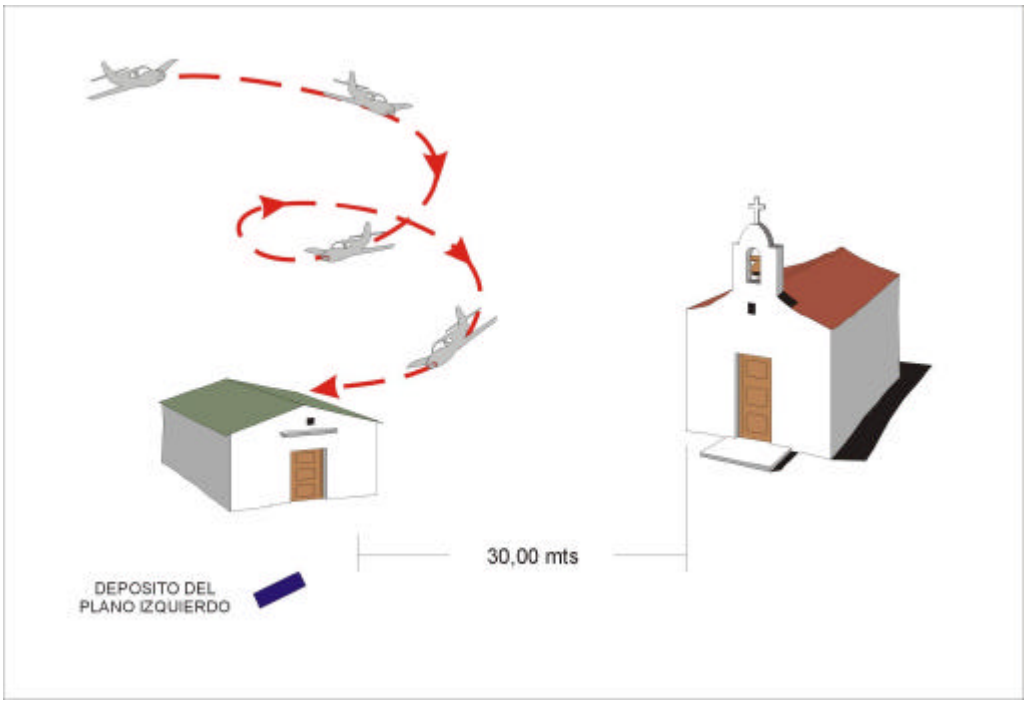
El accidente se produjo, probablemente cuando la aeronave, que realizaba una operación de fotografía oblicua, afrontó una maniobra de giro a escasa altura y presumiblemente con la baja velocidad requerida para este tipo de actividad aérea. En esas condiciones, la ejecución de la maniobra se pudo ver agravada por un incremento de alabeo mandado por el piloto con objeto de evitar la presencia de un obstáculo en la trayectoria inicial de giro, lo que indujo un aumento en el régimen de descenso de la aeronave que resultó ser definitivo dada la proximidad del terreno.

Existe la posibilidad que el piloto experimentara sensaciones asociadas al efecto de ilusión somatogira como consecuencia del movimiento de rotación de la aeronave y que se mermara por ello su capacidad de reacción.

4.- RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

Se recomienda a los operadores de trabajos aéreos que suministren a las tripulaciones de vuelo instrucción y entrenamiento práctico específico en las labores que realizan, incidiendo en las maniobras características que exige cada actividad, con información de los efectos que producen (por ejemplo, los movimientos prolongados de rotación) y definición de las técnicas para su correcta ejecución. **(REC 23/02)**

ANEXO A: Croquis


30,00 mts
DEPOSITO DEL
PLANO IZQUIERDO

ANEXO B: Fotografías

Foto 1.- Motor

Foto 2.- Hélice

Foto 3.- Plano izquierdo

ANEXO C: Desorientación espacial

NOTA: Las fuentes consultadas para la elaboración del presente Anexo ha sido las siguientes:

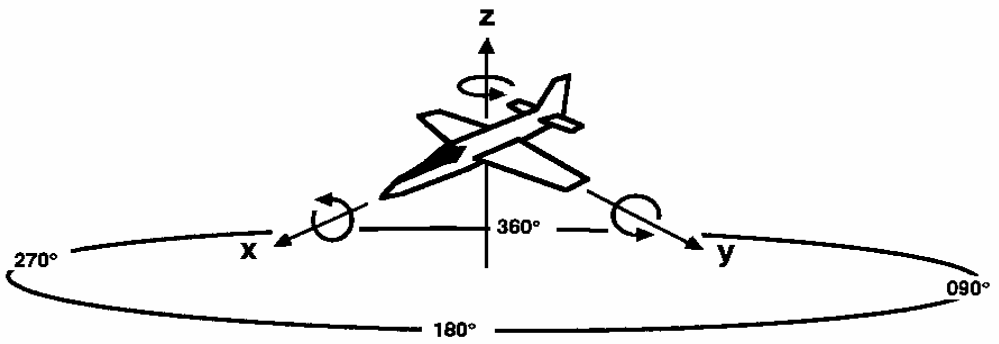
- **Laboratorio de Investigación de las Fuerzas Aéreas de los Estados Unidos (USA Air Force Research Laboratory).**
- **Centro de Estudios en Comunicación y Tecnologías Educativas para América Latina (Méjico).**

Desorientación espacial

La desorientación espacial es un estado que se caracteriza por la errónea percepción de la orientación que ocasiona el sentido equivocado de la posición de uno con respecto a la superficie de la tierra.

Para situarse espacialmente en posición correcta respecto al exterior, el ser humano está dotado con tres sistemas que intervienen como órganos de recepción y elaboración de las señales y estímulos externos: El órgano de la visión, el sistema propioceptivo y el aparato vestibular u órgano del equilibrio del oído interno. Errores de percepción, también llamados ilusiones, a nivel de cualquiera de estos tres sistemas, pueden dar lugar a fenómenos de desorientación espacial que, en el caso del vuelo, pueden tener consecuencias muy graves para el piloto si no actúa de forma adecuada cuando se presentan.

La información sobre la orientación que el individuo recibe cuando vuela está formada por parámetros descritos en el siguiente gráfico:



	ANGULAR		LINEAR	
AXIS	POSITION	VELOCITY	POSITION	VELOCITY
x	Bank	Roll rate	*	Airspeed
y	Pitch	Pitch rate	*	Slip/skid rate
z	Heading	Turn rate	Altitude	Vertical velocity

* Navigation parameters

A veces la tripulación de avión tiende a ser imprecisa cuando hablan de la desorientación espacial, prefiriendo decir que “perdieron el conocimiento” más que “haberse desorientado”.

Podemos distinguir tres tipos de desorientación espacial en el vuelo: Tipo I (Desapercibida), Tipo II (Reconocida) y Tipo III (Incapacitante). En el Tipo I no existe ninguna percepción consciente que manifieste la desorientación, es decir, el piloto no experimenta disparidad entre la percepción natural (de sus sentidos) y la artificial (transmitida por los instrumentos), por tanto puede suceder que no sospeche que un instrumento de vuelo está respondiendo incorrectamente a las señales que le manda.

En el Tipo II, el piloto percibe alguna manifestación de desorientación conscientemente. Puede ocurrir que experimente un conflicto entre lo que siente y lo que la aeronave está haciendo. Los pilotos emplean el término de “vértigo” para referirse a este tipo.

Aunque se denomina a la desorientación del Tipo II como “Reconocida”, esto no significa que los pilotos comprendan que ellos son los desorientados, entendiendo que existe un problema con la aeronave.

El Tipo III de desorientación se establece como aquella en la que el piloto experimenta una confusión que le incapacita para dar una respuesta fisiológica a estímulos físicos o emocionales asociados con el evento de desorientación. Por ejemplo, el piloto puede sufrir de una desorganización vestíbulo-ocular que le impida leer los instrumentos de vuelo para obtener señales que le indiquen lo que está sucediendo.

En este caso el piloto puede llegar a estar desorientado y es más lo conoce pero no puede hacer nada sobre él.

La percepción de la orientación es un sentido de la posición lineal y angular de cada uno, además del movimiento relativo de la aeronave respecto a la superficie de la tierra. Esta percepción puede ser primaria, es decir, natural y se basa en sensaciones visuales, vestibulares, etc.; o también, secundaria o artificial que se construye en base a los datos verbales o visuales, presentados por los instrumentos de vuelo.

Las estadísticas indican que dentro de los accidentes originados por la desorientación espacial, la mitad de ellos son del llamado como Tipo I, la mayoría del resto comprende al Tipo II y unos pocos pertenecen al Tipo III. Igualmente, la principal fuente de desorientación son las ilusiones visuales en casi la mitad de las circunstancias y las ilusiones vestibular-somatosensorial en casi la otra mitad. Con ilusiones visuales y vestibulares combinadas aparecen únicamente algunos de los accidentes contabilizados.

Condiciones conductivas a la desorientación

Desde el conocimiento de las bases físicas de las distintas ilusiones de vuelo, se pueden imaginar diferentes factores medioambientales conductivos a la desorientación espacial.

Ciertos fenómenos visuales tienen características de ilusiones como por ejemplo el “falso horizonte”. Giros prolongados y con un gradiente constante pueden precipitar en una ilusión somatogira. Relativamente, una aceleración lineal sostenida, tal como ocurre en el despegue, puede producir ilusiones somatográvidas originadas por la fuerza de tracción sobre la cabeza, pudiéndose crear como respuesta una fuerza excesiva que provoca una ilusión.

Pero, ¿qué regimenes de vuelo y actividades del piloto parecen más probables para que se manifiesten este tipo de ilusiones? Ciertamente, la aclimatación a los instrumentos y al vuelo nocturno son los factores primarios. Especialmente puede producir desorientación, la permuta entre el modo de vuelo por instrumentos y el visual; los pilotos se encontrarán más lejos de la desorientación si emplean los instrumentos tan pronto como la visión fuera de cabina se complica, continuando el empleo de los instrumentos hasta asegurar el vuelo. Por otra parte, algunos sucesos o prácticas requieren del piloto romper con la comprobación de instrumentos conduciendo a la

desorientación. En base a esta consideración, los dispositivos de interruptores del control de aviónica y display en algunas aeronaves están localizados donde los pilotos deben interrumpir su comprobación de instrumentos más allá de unos pocos segundos para interactuar con ellos, siendo este suceso conocido como “trampas de vértigo”. Algunos de estos sucesos requieren considerables movimientos de la cabeza del piloto durante el tiempo de interrupción de la comprobación, por esta razón ambas acciones pueden ser origen para producir desorientación espacial.

La formación en el vuelo en circunstancias adversas deberá ser probablemente la más adecuada para evitar las situaciones que producen desorientación espacial. De extrema importancia para el piloto en la prevención es la capacidad y familiarización en los instrumentos de vuelo.

También es cierto que el más capacitado piloto en instrumentos es susceptible de caer en la desorientación espacial cuando pierde su atención en ellos y descuida la tarea principal. Esto puede ocurrir cuando otras tareas tal como la navegación, comunicaciones, respuestas a incidencias, etc. demandan una excesiva atención al piloto. De hecho, virtualmente todas las aeronaves inmersas en accidentes de los que han sido catalogados del Tipo I de desorientación espacial, ocurren como resultado de los fallos del piloto al priorizar varias tareas de forma no correcta, por ello es aconsejable “Primero volar la aeronave y después realizar otras tareas que el tiempo disponible permita”.

Finalmente, otras afecciones a tener en cuenta en el piloto como susceptibles de producir desorientación son los efectos del alcohol debido a sus efectos sobre el sistema vestibular, aunque aparentemente hayan pasado varias horas y los efectos aparentemente hayan desaparecido es probable que se produzcan similares efectos. El uso de otros productos como drogas, barbitúricos, anfetaminas o incluso medicación pautada puede contribuir al desarrollo de situaciones de desorientación espacial. Del mismo modo, la fatiga física y mental, así como el agudo estrés emocional pueden restar la concentración sobre los instrumentos y, además, minimizar la resistencia a los efectos de la desorientación espacial.

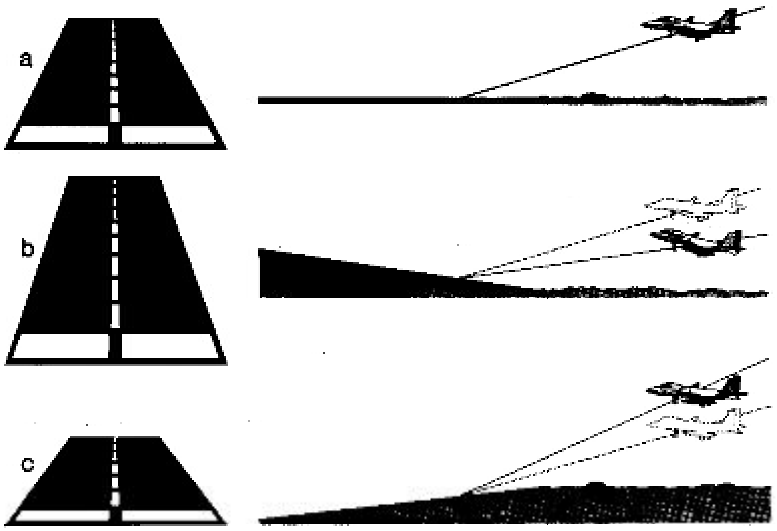
Ilusiones en vuelo

Como se explicaba al inicio, una ilusión en la orientación es una falsa percepción de una posición o movimiento, ya sea lineal o angular, relativo de la aeronave con respecto a la superficie de la tierra. Las ilusiones en vuelo están clasificadas en aquellas que resultan de una errónea percepción visual y en aquellas que afectan al aparato vestibular.

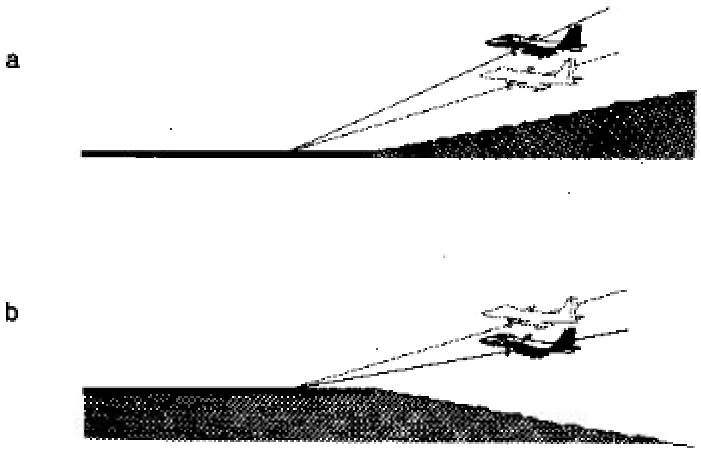
Ilusiones visuales

Entre las que interviene el órgano de la visión tenemos:

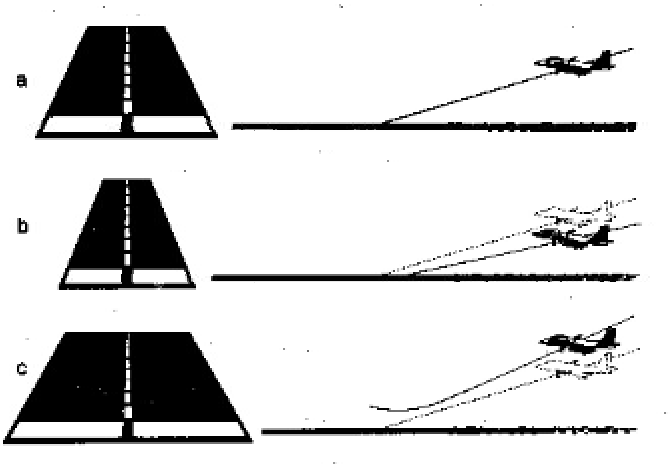
- *Apreciar como falsa una forma*, por ejemplo la visión que presenta una pista dependiendo de la pendiente del terreno donde se haya construido. Esto es debido a que la perspectiva de la pista es diferente a pesar de llevar el mismo ángulo de descenso.



Igualmente, cuando el terreno que se sobrevuela en la aproximación es de diferente pendiente. Por ejemplo, si el terreno que precede a la cabecera de la pista es descendente, puede hacer pensar al piloto que va por encima de la senda requerida e intentará disminuir el ángulo de descenso. Contrariamente, si el terreno adyacente a la cabecera es ascendente, el piloto percibirá que va por debajo de la senda e incrementará el ángulo.



- *La costumbre de operar sobre unas dimensiones* uniformes de pista produce una falsa apreciación de la distancia al cambiar el punto focal original. Esto es típico cuando el ancho de pista es diferente al que se está habituado a operar.



- *La perspectiva aérea* juega su papel en la capacidad de decisión del piloto. Durante el día, la niebla y la bruma pueden hacer que la pista aparezca más lejana como resultado de la discriminación visual que el piloto realiza. De noche las luces se ven mejor que de día, la pista y las luces de aproximación con niebla o lluvia aparecen menos brillantes de cómo se presentan con tiempo claro, y puede dar la sensación de que se encuentren más lejos. En estas circunstancias, durante un alabeo a derechas las luces de ese lado se verán más brillantes que las del lado izquierdo.

  Otra peligrosa ilusión de este tipo ocurre en la aproximación al aterrizaje con niebla o bruma superficial y en especial por la noche. La visibilidad vertical es, en estas condiciones mejor que la horizontal, de esta forma, un descenso estando entre la niebla sugiere que existe mayor distancia para la aproximación o que la intensidad de luces disminuirá y suscitará el pensar que las señales que facilita el entorno sean ocultadas repentinamente por la niebla. El resultado es una ilusión que hace pensar en que la aeronave tiene un pitch arriba, con el consecuente peligro de la corrección del piloto con un pitch hacia abajo.

- *La ausencia de señales focales* como ocurre en un hidroavión ya que la percepción de altura es baja cuando se está encima del agua, por esta razón el piloto de un hidroavión establecerá un régimen de descenso seguro y esperará el contacto del amerizaje no intentando hacer un “flare” para hacer una entrada suave en el agua.

- *Ausencia de señales ambientales*. Dos condiciones de aproximación que crean considerables dificultades al piloto al requerir que únicamente la visión focal lleve a cabo lo que normalmente hacen las visiones focal y ambiental, son las denominadas blackout (tiempos de oscuridad forzada por una falta de energía u otra razón) y whiteout (condiciones atmosféricas que se dan en zonas polares y en las que la nieve del terreno se mezcla con la blancura del cielo y que hace perder la sensación de profundidad).

  Una situación de blackout se da por ejemplo en un vuelo nocturno sobre el agua o en un terreno no alumbrado posterior a la pista y en el que el horizonte es indiscernible. En ausencia de señales visuales que ayuden a la orientación relativa respecto a la tierra, el piloto tiende a sentir que la aeronave está estable y situada

apropiadamente pero que la pista se mueve o está mal posicionada. El resultado de una aproximación en estas condiciones es un aterrizaje muy corto.

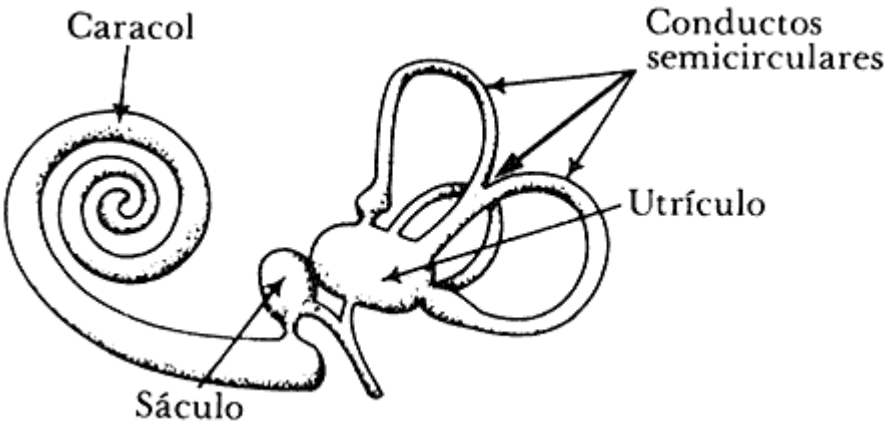
En una situación de whiteout, la aproximación puede ser tan dificultosa como las de blackout y esencialmente es por la misma razón de falta de ausencia de señales ambientales. Por ejemplo, en un aterrizaje de helicóptero en un terreno nevado, los copos de nieve se esparcirán en el aire y el piloto intentará mantener el contacto visual pero probablemente tendrá dificultad en reconocer la deriva hacia un lado y entrará en contacto con el suelo con un movimiento lateral.

- *La autokinesis* es otra forma de ilusión que se produce por la estimulación de la percepción visual por medio de luces o puntos brillantes que se encuentran quietos. Si se fija la mirada durante unos segundos los puntos referidos parecerán estar en movimiento. En general cuanto más grande y brillante es el objeto menor es el efecto de autokinesis.

- *La sensación de automovimiento en el espacio*, ya sea angular o linealmente, debido a percepciones recibidas visualmente, se produce una ilusión por la que parece que nos movemos. Por ejemplo cuando un vehículo próximo al nuestro se mueve hacia atrás y produce la sensación que nosotros nos movemos hacia delante.

Ilusiones vestibulares

Hagamos una pequeña y necesaria exposición de la fisiología del oído interno. Este órgano consta de dos partes: una de ellas es el caracol, cuya función es la de receptor de la sensación auditiva y, la otra, es el laberinto, cuya función es la del equilibrio.



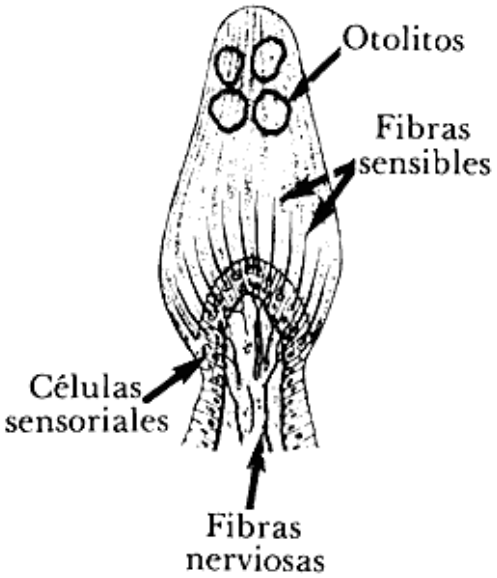
Esquema del laberinto del oído que da cuenta del equilibrio.

El laberinto consiste en tres conductos semicirculares y dos sacos, el utrículo y el sáculo, todos ellos llenos de un líquido llamado endolinfa.

El papel del utrículo y del sáculo corresponde al de equilibrio estático, mientras que el papel de los conductos semicirculares corresponde al de equilibrio dinámico.

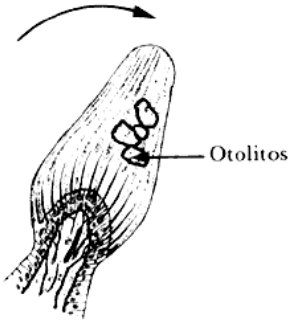
Tanto en el interior del utrículo como en el sáculo, hay una terminación llamada mácula que consiste en un conjunto de fibras sensibles que tienen forma de pelos y que están embebidas dentro de una sustancia gelatinosa. En un extremo de estos pelos se hace la conexión con fibras nerviosas que comunican al cerebro. En la parte superior de la sustancia gelatinosa se encuentra una membrana que contiene un conjunto de "piedras" que son cristales calizos llamados otolitos. Al voltear la cabeza en un sentido, estos otolitos se mueven, debido al efecto de la gravedad, hacia ese sentido, lo cual provoca que se amontonen en una región del saco, aumentando la presión que se ejerce sobre los pelos sensibles con los que se ponen en contacto. Como resultado de esta presión, los pelos se flexionan y generan una señal nerviosa que depende de qué tanto se flexionó el pelo, es decir, de cuánto se volteó la cabeza. Además, si la desviación del pelo ocurre en un sentido, se estimula la actividad nerviosa, mientras que si se desvía en el otro, se inhibe. Éste es el mecanismo por medio del cual se tiene la información del sentido en que se voltea la cabeza.

Esquema de la mácula.

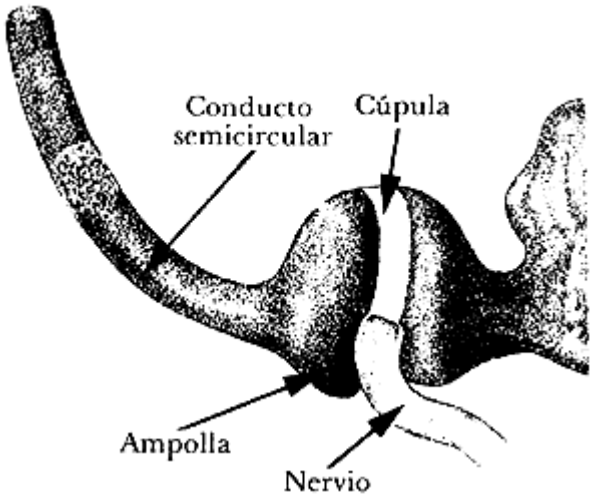


Los conductos semicirculares forman los órganos del equilibrio dinámico, es decir, los que permiten apreciar los giros y movimientos rotatorios a que está sujeta la persona.

Cada conducto semicircular termina en cada uno de sus extremos en una ampolla, en el centro de la cual se encuentra la crista, que es una lengüeta que contiene un conjunto de fibras sensibles, también en forma de pelos, que se extienden dentro de una sustancia gelatinosa llamada la cúpula. La crista toca el extremo de la ampolla y se puede mover dentro de ella. Por otro lado, las fibras sensibles están unidas a fibras nerviosas que comunican con el cerebro.

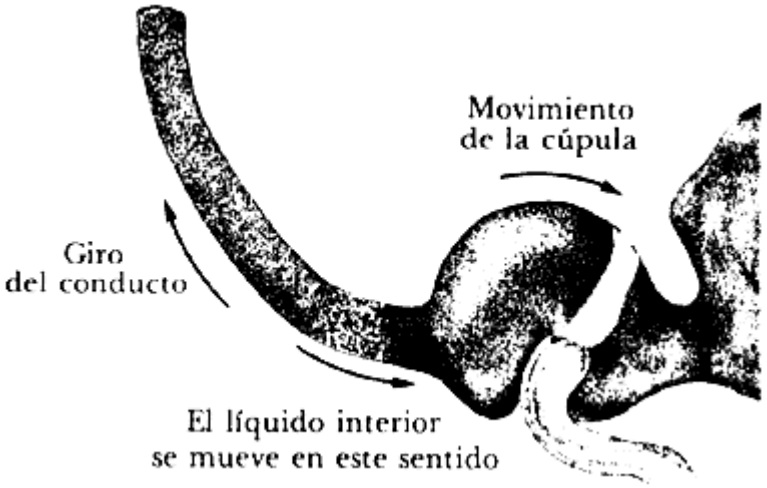


Al girar el cuerpo los otolitos cambian de posición y ejercen presión sobre los pelos sensibles.



Esquema de la ampolla en el extremo de cada conducto semicircular del oído.

Cuando el conducto semicircular experimenta un giro, el líquido que está adentro tiende a quedarse atrás y por tanto ejerce presión sobre su otro extremo. Pero este extremo está comunicado con su ampolla, que también tiene líquido. Esta presión empuja al líquido que está dentro de la ampolla y a la crista. Al desplazarse la cúpula, las fibras sensibles experimentan una desviación que da lugar a una señal nerviosa.

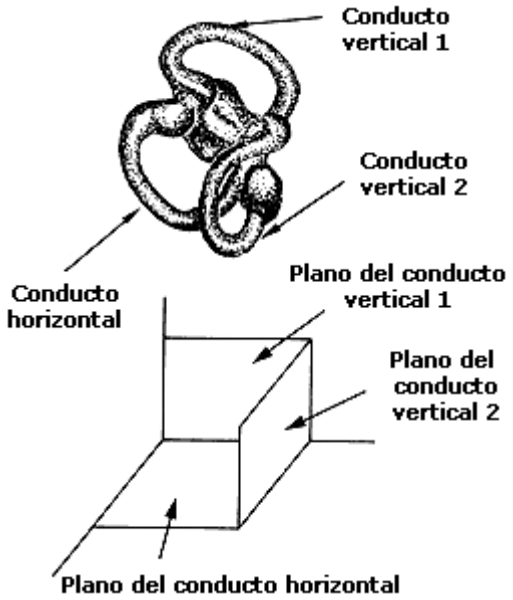


Al iniciar el giro, el líquido dentro del conducto ejerce presión sobre la ampolla.

Después de cierto tiempo la endolinfa, el líquido que se encuentra dentro de los conductos semicirculares sigue el movimiento del conducto y ya no se queda atrás. Esto significa que una vez iniciado el movimiento, si el giro es uniforme, la endolinfa se mueve al unísono con el conducto y, por tanto, deja de ejercer presión sobre la ampolla y por tal, la crista no se mueve. El resultado es que no se genera ninguna señal.

Podemos concluir entonces que los conductos semicirculares solamente tienen la capacidad de detectar cambios en los movimientos rotatorios, es decir, lo que en física se llaman aceleraciones.

Cada uno de los tres conductos semicirculares se encuentra contenido, aproximadamente, en un plano y resulta que el plano de cada uno de los conductos es casi perpendicular al plano de los otros dos. Estos planos son uno horizontal y otros dos verticales. Esto significa que si ocurre un giro alrededor de un eje vertical, por ejemplo, entonces el conducto semicircular horizontal es el que detecta este movimiento. Ahora bien, si ocurre un giro alrededor de un eje arbitrario, entonces cada uno de los conductos semicirculares experimenta una parte del giro, es decir, la componente del giro que le corresponde. De esta forma, el cerebro tiene la posibilidad de analizar el giro completo. Este hecho es una consecuencia de un principio de la física, el de superposición, que dice que un movimiento arbitrario se puede generar por la composición de tres movimientos dirigidos en tres direcciones que sean mutuamente perpendiculares. Esto es justamente lo que ocurre con la forma en que están, construidos los conductos semicirculares.



Los tres conductos semicirculares se encuentran en tres planos que son mutuamente perpendiculares.

Es importante mencionar que el control de la postura y la locomoción no solamente dependen de los órganos del equilibrio que hemos descrito, sino también de otros sentidos, como el de la vista y del tacto.

Existe una relación entre los receptores de la vista y los del vestíbulo, que hacen que cuando se excitan los conductos semicirculares se genera el mareo. Asimismo, existe relación entre el aparato vestibular y los órganos internos.

Los errores de percepción en relación con aceleraciones lineales se denominan ilusiones somatográvidas, mientras que los relacionados con aceleraciones angulares se denominan somatogiras.

Las principales ilusiones vestibulares son:

- Ilusión somatogira.

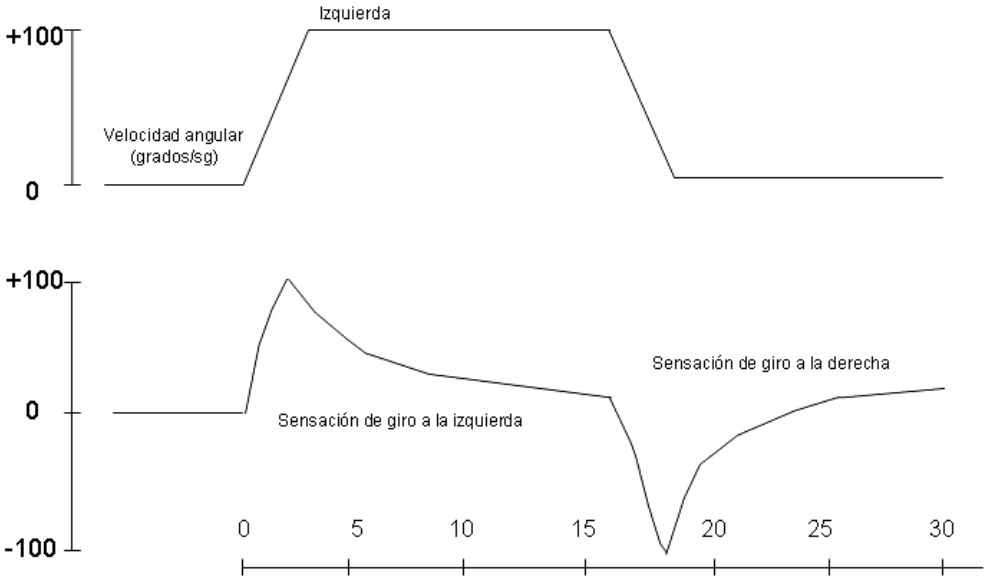
Es una falsa sensación de rotación que resulta de la perdida de magnitud o dirección de la rotación que se realiza. En concreto, este tipo de ilusión es el resultado de la incapacidad del conducto semicircular para registrar exactamente una prolongada rotación.

Cuando una persona está sometida a una aceleración angular, por ejemplo, alrededor del eje de guiñada, el movimiento angular es el primero que se percibe porque la dinámica del sistema de los conductos semicirculares causa una respuesta como la de un acelerómetro que midiera la variación angular. Si a una aceleración le sigue inmediatamente una deceleración, como ocurre en el medio ambiente terrestre, la sensación que se produce es la de giro en un sentido y después la parada, con una sensación bastante exacta del movimiento. Sin embargo, si la aceleración angular no es seguida por una deceleración, el resultado de la sensación de rotación se va reduciendo y eventualmente desaparece retornando a su posición original en ausencia de un estimulo de aceleración angular.

Si posteriormente sometemos a una deceleración angular después de un periodo prolongado de velocidad angular constante, supongamos después de unos 10 segundos o de una serie de constantes giros, nuestro sistema de señal de los conductos semicirculares nos devuelven un giro en dirección opuesta con una velocidad angular constante, incluso aunque estemos dando vueltas más lentamente en la misma dirección. Esto es porque el momento angular de la rotación del liquido que circula por los conductos semicirculares empuja contra la cúpula, forzándola a desviase en dirección del flujo de la endolinfa, la cual se dirige en la misma dirección que se desviaría si nosotros acelerásemos en la dirección opuesta a la de la aceleración inicial. Incluso después de cesar la rotación, la sensación de giro persiste durante varios segundos.

En condiciones de vuelo con baja visibilidad, la ilusión somatogira puede ser fatal. Los giros son un claro ejemplo de cómo este tipo de ilusión puede desorientar al piloto. Esta situación comienza con la entrada intencionada o no intencionada en un giro continuado. Por ejemplo a la izquierda. Al principio, el piloto percibe correctamente el giro porque la aceleración angular asociada con el giro desvía la cúpula la cantidad apropiada en la dirección que le corresponde. La prolongación de los giros, sin embargo, hace que la sensación de giro a la izquierda disminuya, debido a que la posición de la cúpula retorna a su posición original. Al intentar parar el giro a la izquierda aplicando el timón de dirección a la derecha, la deceleración angular produce que el piloto perciba un giro a la derecha, aunque su intención fuera únicamente detener el giro a la izquierda. Un piloto que desconozca esta posibilidad probablemente realice una maniobra de timón a la izquierda para contrarrestar la señal de sensación no deseada de giro hacia la derecha. Esta acción neutralizará la sensación que percibe el piloto pero hará que la aeronave quede sin control.

La aceleración angular creada por la realización de giros consecutivos y en el intento de recuperación del piloto, produce un inapropiado reflejo vestíbulo ocular o movimiento ocular llamado nistagmus. Por ello, cuando el medioambiente que rodea al piloto es la cabina y este intenta fijar la vista en un punto, como puede ser al hacer la lectura de los instrumentos de vuelo, se mantiene la sensación de rotación con la consiguiente desorientación espacial y perdida de control de la aeronave.



Como muestra la figura, durante un giro prolongado a velocidad constante, los receptores de los canales semicirculares sólo dan una correcta información durante los primeros segundos de la maniobra, no más de 10 a 20 sg.

En un giro típico a una velocidad de 120 a 150 grados/sg, en 2 a 3 sg. como media, transcurridos de 15 a 30 sg. El piloto es incapaz de identificar cualquier estimulo de origen puramente vestibular.

- Ilusión oculogira

Mientras que una ilusión somatogira es una falsa sensación, o falta de sensación, de auto-rotación de un sujeto bajo un movimiento angular inusual, una ilusión oculogira es una falsa sensación de movimiento de un objeto desde el punto de vista de un sujeto. Por ejemplo, si un vehículo con un sujeto dentro está girando sobre un eje vertical a velocidad constante y de repente se para, el sujeto experimentará no sólo una ilusión somatogira de rotación en el sentido opuesto, sino también una ilusión oculogira de un objeto en frente moviéndose en dirección opuesta. A pesar de que las dos ilusiones referidas están asociadas, existe un mecanismo más complicado que relaciona la desviación cúpular.

En una aeronave durante un vuelo nocturno o en condiciones de mal tiempo, la ilusión oculogira confirma a una somatogira. El piloto, que equivocadamente percibe un giro en una determinada dirección, también observa al panel de instrumentos moverse en la misma dirección.

- Ilusión de Corioris.

Este tipo de ilusión se produce sobre el aparato vestibular por el efecto de Coriolis por una errónea estimulación de los conductos semicirculares. El mecanismo por el que se produce esta ilusión es el siguiente: Supongamos que un sujeto está girando en el plano de la guiñada el suficiente tiempo como para que la endolinfa se estabilice en los conductos semicirculares, según dijimos en apartados anteriores, al inclinar la cabeza hacia delante, por ejemplo al inclinar el morro de la aeronave hacia delante, se produce un momento angular que hace que líquido de los conductos cause un desvío en la cúpula y el sujeto perciba una rotación en un nuevo plano, por

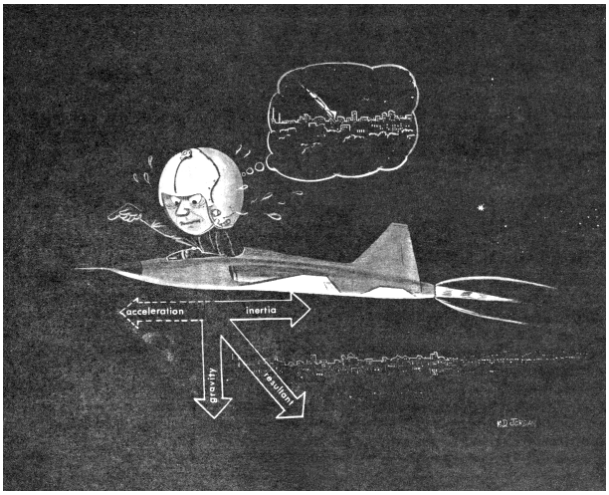
ejemplo alabeo, del conducto semicircular horizontal, incluso aunque no exista rotación en ese plano.

Ocasionalmente los pilotos experimentan este fenómeno durante el vuelo instrumental debido a la conjunción de amplios movimientos de la cabeza bajo condiciones de constante velocidad angular durante un prolongado periodo de tiempo. El fenómeno se manifiesta en la sensación de roll/pich que aparece de repente después que la atención del piloto ha sido desviada de los instrumentos del panel frontal y su cabeza es movida a algún interruptor en cualquier parte de la cabina de vuelo, resultando especialmente significativo en la aproximación instrumental al haber una rápida perdida de altitud y en la ejecución de las tareas de la cabina se requiere de un chequeo repetido de los instrumentos.

- Ilusión somatográvida

Los otolitos son los responsables de determinadas ilusiones conocidas como somatográvidas. Ello es debido a su desplazamiento sobre la mácula, produciendo una falsa señal de orientación. Así, podemos definir a este tipo de ilusión como la falsa sensación de inclinación del cuerpo que resulta de la percepción de una sensación como dirección vertical de una fuerza gravitatoinercial que no lo es.

La ilusión de pitch arriba después del despegue en condiciones de reducida visibilidad es quizás la mejor ilustración de este mecanismo. Consideremos a un piloto en la cabecera de la pista y dispuesto para el despegue. Aquí la única fuerza que actúa sobre los otolitos es la de la gravedad y su dirección es hacia abajo. Supongamos que la aeronave inicia la carrera de despegue, hace la rotación, despega y alcanza la altitud de vuelo deseada mantiene una aceleración hacia delante con un valor de 1 G hasta alcanzar la velocidad de ascenso deseada. La fuerza de inercia de 1 G resultante de la aceleración desplaza los otolitos hacia atrás de la cabeza del piloto. La nueva posición de los otolitos estará próxima a como si la aeronave hubiera realizado un pitch de 45º, que es la resultante de los vectores de las fuerzas aplicadas. Naturalmente, el piloto percibe una actitud de pitch basada en los otolitos y la información propioceptiva no vestibular apoya esta falsa sensación porque responden igualmente a la dirección e intensidad de la resultante de fuerzas. Determinada la fuerte sensación de pitch arriba, el piloto no duda en poner pitch abajo para cancelar la sensación no deseada de morro arriba.



Algunas veces, sin embargo, se les ve descender fuera de las nubes morro abajo e intentar posteriormente detener esa actitud para recobrar la correcta orientación cuando ven el terreno otra vez.

- Inversión.

La inversión es un tipo de ilusión somatográvida en la cual la resultante de fuerzas gravitoinercial es un vector girado hacia atrás, como apuntando hacia la superficie de la tierra, dando así la sensación al piloto de estar cabeza abajo.

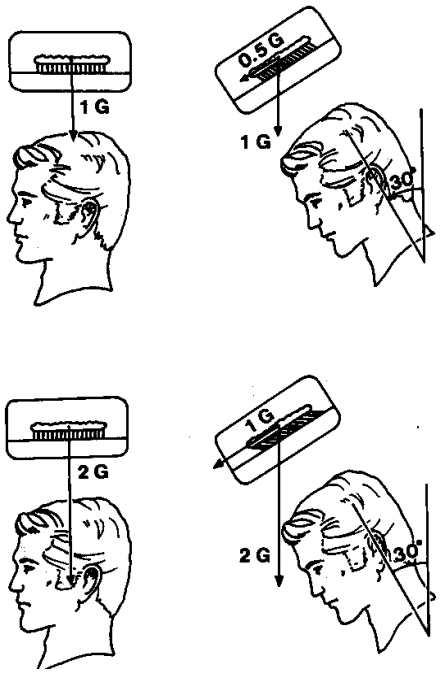
Esta sensación puede ocurrir cuando en un ascenso pronunciado el piloto alcanza la cima encontrándose en ese momento sometido a una fuerza centrifuga negativa como resultado de volar describiendo un arco y nivelar. Simultáneamente, se le añade una fuerza de inercia tangencial positiva. El resultado es una fuerza que produce la sensación de que el piloto rota hacia atrás y se pone cabeza abajo.

Este estimulo se percibe en los otolitos del piloto y es similar al que se produce en un ascenso en una posible posición invertida. Incluso aunque los conductos semicirculares podrían responder al actual pitch descendiendo, por alguna razón, este conflicto se resuelve a favor de la información proporcionada por los otolitos ya que su sensación es constante y la de los conductos transitoria.

Por tanto, el piloto responde a la inversión empujando hacia delante el mando de profundidad en contra del pitch hacia arriba percibido lo que prolonga y agrava la situación.

- Efecto de exceso de “G”

Mientras la ilusión somatográvida resulta de un cambio en la dirección de la fuerza gravitatoria G, el efecto de exceso de esta fuerza es una exagerada sensación de inclinación del cuerpo que puede presentarse cuando la G existente es continua y mayor de 1 G.



Podemos ilustrar este fenómeno considerando a un sujeto erguido y sometido a un fuerza de 1G y entonces inclina la cabeza hacia delante 30º. Como resultado, los otolitos de la mácula resbalaran hacia delante una cantidad relativa a 30º de la vertical. Si ahora, partiendo de la misma posición pero sometiéndole a una fuerza de 2G, el sujeto inclina la cabeza hacia delante 30º, el desplazamiento de los otolitos no corresponde con la posición referida en el primer caso y tomaran otra posición relativa distinta.

Este mecanismo de percepción es más complicado que lo que la exposición anterior demuestra pero ilustra que un exceso de G puede ocasionar desorientación en el piloto.

Según lo anterior, durante un giro en vuelo, el movimiento de los otolitos en el piloto le induce a sentir una cantidad extra de inclinación de la cabeza y el cuerpo. Si en esta situación de giro, el piloto mira hacia el interior de la trayectoria, como por ejemplo al mirar un instrumento o recoger algo que estuviera en el suelo, la impresión le haría corregir la ilusión inclinando lateralmente hacia el exterior del giro para reducir la inclinación.

- Ilusión oculográvida

La ilusión oculográvida puede ser considerada como una asociación visual de una ilusión somatográvida que se produce bajo los mismos estímulos y condiciones.

Un piloto sujeto a una deceleración como resultado de la aplicación de los aerofrenos, por ejemplo, experimenta un pitch de morro abajo como consecuencia de la ilusión somatográvida. Simultáneamente, el piloto observa el panel de instrumentos moverse hacia abajo, confirmando la sensación de inclinación de hacia delante.

La ilusión oculográvida es la apariencia visual de un objeto que está fijado al sujeto durante un cambio de dirección de la fuerza gravitoinercial. Esto es el resultado de intentar mantener la fijación visual durante un reflejo vestibular ocular produciendo como respuesta, en este caso, por el cambio de dirección de un vector G aplicado más que por la propia aceleración angular.

Cuando un individuo se somete a una aceleración ascendente, como en un ascensor, el incremento de G positiva produce como respuesta un reflejo vestíbulo-ocular de origen en el órgano de los otolitos que conduce a los ojos hacia abajo. Aunque el efecto visual descrito sin duda contribuye este no es esencial para la generación, ya que la ilusión puede ocurrir incluso en ausencia de visión.

- La inclinación (The leans)

Con diferencia la más común de las ilusiones vestibulares en el vuelo es “the leans”. Prácticamente, en alguna ocasión cada piloto ha sufrido una experiencia de este tipo en vuelo. “The leans” consiste en una falsa percepción o desplazamiento angular sobre el eje longitudinal de la aeronave y está frecuentemente asociado con un reflejo vestíbulo espinal asignado a una falsa emoción que resulta en una inclinación real del piloto en dirección en una engañosa dirección vertical.

La usual explicación de “the leans” invita a conocer las deficiencias de los mecanismos sensoriales de los otolitos y de los conductos semicirculares. Los otolitos no son una fuente real de información sobre la dirección exacta o la vertical verdadera porque ellos responden a la resultante de la fuerza gravitoinercial, no solo a la fuerza de la gravedad. Los conductos semicirculares suministran falsas señales en vuelo para responder exactamente a los estímulos por ejemplo de un roll, pero no responden a todo lo que está en su campo de acción. Por ejemplo, un piloto sometido a una aceleración angular en un roll; el producto de la aceleración y el tiempo a la que está sometido no alcanza algunos valores por debajo del umbral, digamos que 2º/seg. no son reconocidos en un roll. En base a ello, supongamos que el piloto está intentando volar recto y nivelado, sin embargo, debido a alguna circunstancia se está sometido a un roll desconocido e incorrecto de 2º/seg. durante 10 seg., el resultado es un alabeo de 20º. Incluso aunque el piloto sea capaz de volar correctamente

forzando la indicación del instrumento para evitar el error, “the leans” puede por último tras varios minutos degradar seriamente la eficiencia del vuelo durante ese tiempo.

Durante un giro, inicialmente el piloto siente el roll y percibe con exactitud la actitud de alabeo, pero si el giro continua, la percepción de alabeo se disipa y es reemplazada por una sensación de vuelo recto y nivelado, esto es debido a que la sensación se pierde cuando la endolinfa alcanza la velocidad del movimiento en el conducto semicircular y porque la fuerza G resultante que está dirigida hacia el suelo de la aeronave suministra una falsa pista de verticalidad. Sobre el desarrollo del giro la percepción del piloto es la de alabear en dirección opuesta. Con la experiencia, el piloto aprende a suprimir esta sensación poniendo atención a la actitud del indicador pero procurando no estar particularmente ocupado.