

DESORIENTACION ESPACIAL

Autor: C.D.A.(S) Charles CUNLIFFE Checura

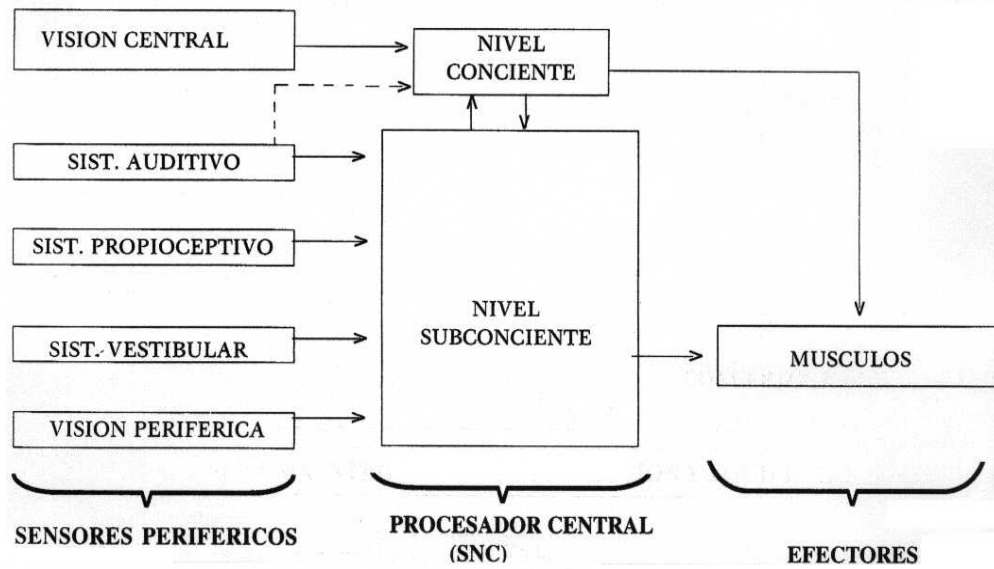
I. INTRODUCCION

El Sistema de Orientación y Equilibrio humano se encuentra regulado por el Sistema Nervioso Central (SNC), el cual recibe, percibe e interpreta la información proveniente de una serie de Sistemas Sensoriales Periféricos, entre los cuales destacan fundamentalmente el sistema de la visión, el sistema vestibular del oído interno, el sistema propioceptivo y el sistema auditivo.

Si bien este sistema integrado de orientación y equilibrio, conformado por el SNC y los sistemas sensoriales periféricos, funciona perfectamente bien en un sujeto sano sobre el ambiente de la superficie terrestre, en el ambiente donde se desenvuelven las actividades aéreas se manifiestan una serie de errores de percepción o ilusiones (percepción errónea de una condición real), cuyas consecuencias desafortunadamente se miden en estadísticas de incidentes o accidentes de aviación que, actualmente para la aviación militar, corresponde aproximadamente al 20 % de los accidentes clase A debidas al Factor Humano.

Por otra parte, como se ilustra en figura N° 1, la información proveniente de los sensores periféricos ingresa al SNC, sea al nivel conciente como subconciente, exigiéndose eso sí, que la información de los diferentes sensores debe ser concordante entre sí para que el SNC logre una interpretación correcta de la orientación. Cuando la información de los sensores no es concordante, el SNC no logra interpretar una orientación real produciéndose la pérdida de la orientación, situación conocida como Desorientación Espacial.

FIG. N° 1 SISTEMA INTEGRADO DE ORIENTACION Y EQUILIBRIO



Agravando lo anterior, debe tenerse presente que el nivel conciente del SNC, que requiere de un adecuado nivel de atención para funcionar y ejercer control sobre el subconciente, es extraordinariamente mas lento en su capacidad de análisis de información que el nivel subconciente, el cual puede funcionar en forma autónoma, sin la regulación del nivel conciente. Esta diferencia de velocidad de análisis y autonomía que tienen los distintos niveles de la conciencia, es responsable de la facilitación de las ilusiones de orientación, como asimismo, de otro fenómeno

que ocurre en aviación, conocido como pérdida de la conciencia situacional, tema de otro capítulo.

Por todo lo anterior, resulta sin lugar a dudas, la necesidad que las tripulaciones aéreas conozcan estas manifestaciones de error humano, a objeto de poder identificarlas precozmente y neutralizarlas mediante la aplicación de conocimientos y procedimientos adecuados.

II. DEFINICION

En forma simple, se puede decir que la Desorientación Espacial es la incapacidad de una persona para orientarse en un ambiente tridimensional con respecto al horizonte terrestre o al medio aéreo que lo rodea, debido a una interpretación o percepción errónea de una condición real de orientación.

III. CLASIFICACION

Cuando la información de orientación proveniente de los diferentes sensores periféricos no es concordante entre sí, independientemente de inducir la desorientación espacial, produce un estado de conflicto o señal de alerta en el SNC, que lo obliga a analizar y discriminar sobre la información que viene ingresando. Vale destacar que sólo el nivel conciente del SNC tiene esta capacidad de análisis de esta información conflictiva, para luego discriminar y elegir la información que le parece correcta, no así el nivel subconciente.

Basado en esta sensación de conflicto o conciencia de desorientación del SNC, se han clasificado las desorientaciones espaciales en tres tipos a saber:

- **Tipo III:** La sensación de desorientación para el SNC es evidente pero, las entradas conflictivas son tan intensas que el individuo se encuentra inhabilitado para discriminar o recurrir a procedimientos complementarios de orientación como lo son los instrumentos básicos de vuelo.
- **Tipo II:** La sensación de desorientación es evidente pero, en este caso, el individuo recurre a sus conocimientos y procedimientos complementarios de orientación, resolviendo el conflicto. Esta resolución del conflicto, dependiendo de las condiciones propias del individuo, puede ser adecuada o inadecuada.
- **Tipo I:** En este caso, el SNC no percibe ninguna señal de alerta o sensación de desorientación, por lo cual, no pone en ejecución ningún mecanismo de orientación complementario. Esto ocurre porque no hay suficiente nivel de atención en el SNC conciente o pérdida de control de éste sobre la autonomía del nivel subconciente. Desafortunadamente, este tipo corresponde aproximadamente al 50% de las desorientaciones espaciales.

IV. SENSORES PERIFERICOS DE ORIENTACION

A. Sistema Visual

La visión periférica del sistema visual, que entrega su información de posición en relación al horizonte al SNC subconciente, es sin lugar a dudas el sensor mas importante que se tiene para la orientación y equilibrio. Tanto es así, que puede mantener esta función en ausencia de los otros sistemas periféricos de orientación. No obstante, esto es así en el ser humano en su ambiente natural con horizonte a la vista, situación frecuentemente no respectada por la aviación.

Por otra parte, la visión central, responsable de la visión de colores, detalles y profundidad, por ser el único sensor conciente relevante, tiene hegemonía sobre los demás sensores de orientación, siempre y cuando existan elementos de juicio utilizables por la visión central, como lo son: condiciones VFR,

horizonte, puntos geográficos, movimiento, etc, asociado a un nivel de atención adecuado. Más aún, los instrumentos de vuelo actuales, incluido aquellos que se dedican a la orientación de la aeronave, están diseñados para ser captados por la visión central.

B. Aparato Vestibular

Cada oído interno, izquierdo y derecho, contienen el aparato vestibular, delicada estructura encargada de detectar movimientos lineales o angulares de la cabeza, en un ambiente tridimensional. Por lo mismo, constituye el segundo mejor sensor de posición del ser humano. En ausencia de visión periférica pasa a comandar la información de orientación subconsciente en lo que se denomina oportunismo vestibular, pudiendo ser suprimido al recuperar condiciones visuales periféricas o centrales. No obstante, este aparato vestibular que funciona muy bien en el ambiente terrestre, al ser sometido a las aceleraciones propias del ambiente de la aviación, induce una serie de ilusiones o falsas percepciones.

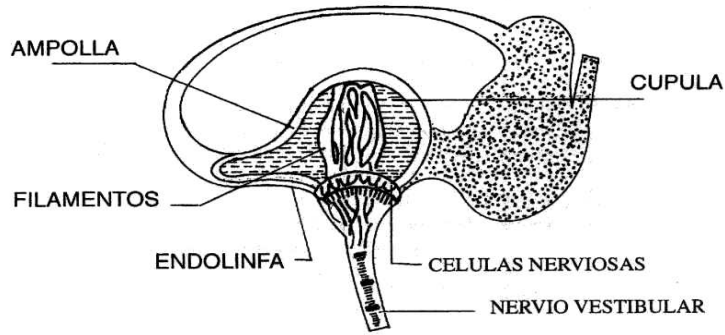
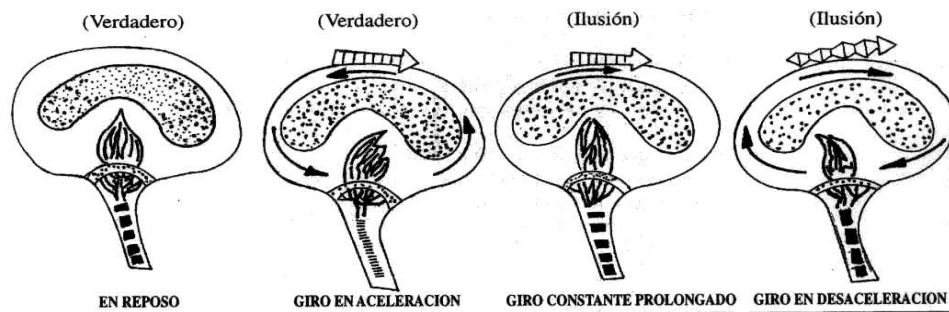
Cada aparato vestibular está constituido por las siguientes estructuras:

1. CANALES SEMICIRCULARES

Los canales semicirculares, sensibles a la aceleración angular, se encuentran dispuestos en ángulos de 90° entre sí, cuya función es entregar información relativa a los movimientos de "pitch-roll-yaw" (cabeceo-alabeo-ronza) en un ambiente tridimensional, dependiendo del canal que se ha estimulado. Cada canal contiene un líquido (endolinfa) que se mueve por inercia dentro del canal al someterse a aceleraciones o desaceleraciones angulares. El movimiento de este líquido se transmite a unos cilios implantados en el interior del canal, los que envían los estímulos recibidos a través del nervio vestibular al cerebro (Fig. N° 2 superior). Estos impulsos son percibidos como cambios en la posición o actitud angular.

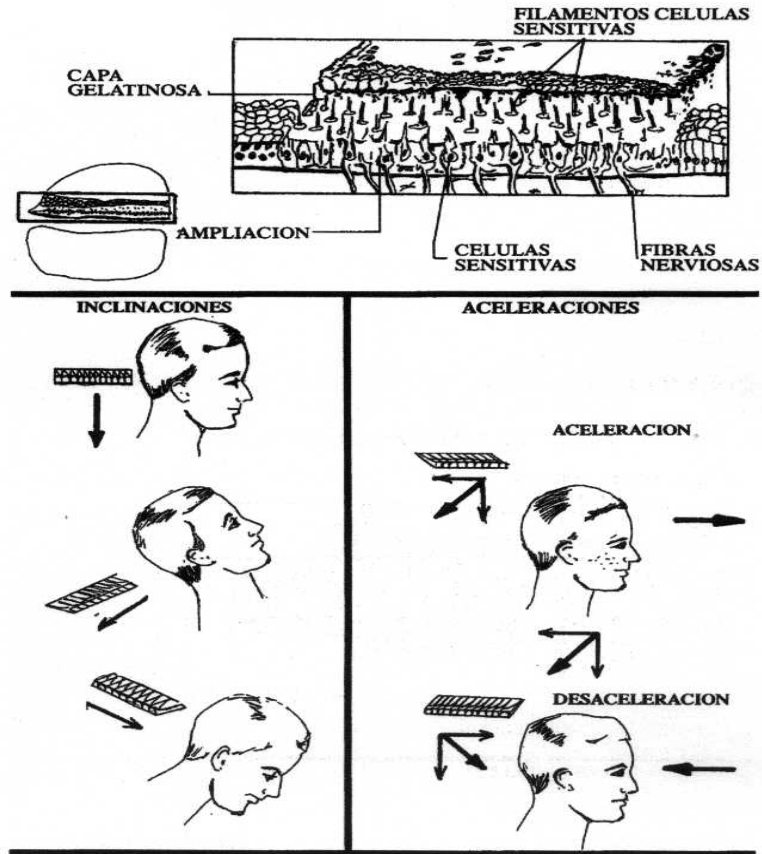
Analizando la Fig. N° 2, parte inferior, cuando un canal semicircular es acelerado hacia la derecha, el líquido del canal permanece en un principio estático por la inercia e inclina a los cilios en el sentido opuesto al giro, interpretándose correctamente como un movimiento angular hacia la derecha. Si el giro continúa a velocidad constante por aproximadamente 20 a 30 segundos, el movimiento del líquido en el canal se iguala con el movimiento de las paredes, dejando de inclinar los cilios, induciendo la falsa percepción que la rotación ha cesado. Si se produce una desaceleración súbita, las paredes del canal se desaceleran, pero el líquido continúa su movimiento por un corto período de tiempo, inclinando los cilios en la dirección del líquido, induciendo una falsa percepción de giro en el sentido opuesto al original.

FIG. Nº 2 CORTE ESQUEMATICO CANALES SEMICIRCULARES

**EXPLICACION DEL VERTIGO ROTATORIO****2. ORGANOS OTOLITICOS**

Estos órganos están constituidos por pequeños sacos adyacentes a los canales semicirculares, en cuyo interior se encuentran los otolitos, conformados por cristales insertos en una capa gelatinosa, la cual flota sobre una cama de cilios sensitivos (Fig. Nº 3). Por gravedad o inercia, los movimientos lineales hace que esta capa gelatinosa se asiente con mayor o menor intensidad sobre áreas de esta cama de cilios, lo cual es interpretado por el cerebro como inclinaciones o aceleraciones lineales o radiales de tal o cual intensidad y dirección.

FIG Nº 3 CORTE ESQUEMATICO ORGANOS OTOLITICOS



C. Sistema Propioceptivo

Los receptores de este sistema están constituidos por sensores de presión que se encuentran alojados en las estructuras musculares y esqueléticas, incluyendo las articulaciones. En el ambiente natural terrestre humano, estos sensores de presión entregan información valiosa sobre la posición del cuerpo en relación al peso o fuerza de gravedad. No obstante, en el ambiente de las múltiples fuerzas gravito-inerciales de la aviación, este sistema de orientación induce fácilmente ilusiones con respecto a la ubicación de la superficie terrestre.

V. ILUSIONES EN VUELO

Como se señaló al comienzo, este sistema integrado de orientación y equilibrio induce una serie de ilusiones o percepciones falsas, al someter estos sensores periféricos a las condiciones especiales tridimensionales de la aviación. La cantidad de ilusiones que inducen por sí mismos o en combinación son múltiples, por lo cual, a continuación sólo se explicarán sucintamente algunas de las manifestaciones clásicas de error de orientación.

A. ILUSIONES VESTIBULARES

REFERIDAS A LOS CANALES SEMICIRCULARES

1. INCLINACIONES

Corresponde a la ilusión más frecuente atribuida a los canales semicirculares, conocida también como "leans" en inglés. Para la percepción de aceleración angular, por parte de los canales semicirculares, la velocidad de rotación debe ser por sobre 2,5 grados por segundo, lo que se conoce como "umbral de estimulación". Las "inclinaciones" se inician con una rotación o inclinación alar por debajo del umbral de estimulación. Cuando esta "inclinación" es finalmente observada por el Piloto, en el indicador de actitud, éste tenderá a corregir la actitud, mediante un movimiento que sobrepasa el umbral de estimulación, siendo percibido como tal. Como el primer movimiento no fue percibido por los sensores y el segundo si, el Piloto quedará con la sensación desagradable de inclinación alar en sentido contrario, aunque los instrumentos le indiquen que la aeronave se encuentre nivelada, haciendo que el piloto tienda a "inclinarse" subconscientemente en la dirección de la primera rotación no percibida y de ahí el nombre que se le ha dado a esta ilusión.

2. ILUSIONES SOMATOGIRAS

- a) **Spin Mortal:** Si un spin es mantenido por más de 20 segundos, la endolinfa de los canales semicirculares involucrados se equilibran con el movimiento rotatorio, cesando la percepción de movimiento. En esta condición, cuando el spin se detiene el Piloto experimentará una desaceleración angular que estimulará sus canales semicirculares en sentido opuesto. Esto será interpretado ilusoriamente como un spin en la dirección opuesta a la original, por lo cual, al tratar de corregir esta ilusión sin referencias visuales externas, el Piloto tenderá a reestablecer un spin en la dirección original, con consecuencias fatales.
- b) **Espiral Mortal:** Es semejante al caso anterior, excepto que la velocidad angular está dada por un viraje amplio, mantenido y coordinado. En este caso, el Piloto permanece en un viraje coordinado el tiempo suficiente para equilibrar los canales semicirculares perdiendo la sensación de viraje e inclinación alar. Al perder la sensación de inclinación alar, desatendiendo el indicador de actitud, incrementa la inclinación alar en el sentido original del viraje y así sucesivamente, llegando a un punto en el cual se puede encontrar con pérdida notoria de sustentación y altura e incluso invertido. Frente a esta emergencia aplicará subconscientemente full potencia y bastón atrás pero, dada la actitud anómala no percibida de la aeronave, esta maniobra sólo agrava la condición llegando fácilmente a un desenlace fatal.
- c) **Ilusión de Coriolis:** En un viraje coordinado, como el que ocurre en un tránsito de espera o en un viraje de descenso, este viraje es percibido correctamente por el canal semicircular respectivo. Si el piloto, durante esta maniobra, gira la cabeza en otro sentido o eje diferente al plano de viraje del avión, el primer canal se desacelerará induciendo ilusión de giro en sentido opuesto y el segundo canal percibirá correctamente el giro de la cabeza. La sumatoria de estas sensaciones de giro inducirá la ilusión de un "roll" descendente o ascendente en sentido opuesto al viraje inicial. Por este motivo, se insiste en la necesidad de evitar movimientos de la cabeza durante los virajes coordinados y, en caso de producirse la ilusión, debe referirse toda maniobra correctiva a lo indicado por los instrumentos.

3. ILUSIONES OCULOGIRAS

Cualquier persona que haya tenido un vértigo verdadero sabe de la existencia de la interconexión neuroeléctrica entre el sistema vestibular, el tubo digestivo y los músculos que mueven los ojos. En

este caso, un giro percibido por los canales semicirculares respectivos, induce automáticamente un movimiento de los ojos en sentido opuesto al giro. En condiciones humanas normales, el objeto de este movimiento ocular compensatorio persigue mantener la imagen visual estática a pesar del giro real. En cambio, en aviación, este movimiento compensatorio frente a una percepción somatogira ilusoria, puede inducir la ilusión que el campo visual también se está desplazando en el mismo sentido del giro por movimiento real compensatorio de los ojos, lo cual confirma la percepción del movimiento ilusorio original.

REFERIDAS A LOS OTOLITOS

Los otolitos pueden percibir cambios en la aceleración lineal de hasta 0.01 Gx. Las falsas sensaciones inducidas por la estimulación de los otolitos se debe a que éstos no pueden diferenciar la gravedad terrestre verdadera de las otras aceleraciones lineales gravito-inerciales sobre impuestas existentes en el ambiente tridimensional de la aviación, por lo tanto, la percepción final es la resultante de todas las fuerzas involucradas las cuales, evidentemente no coinciden con el eje de la fuerza gravitacional.

1. ILUSIONES SOMATOGRÁVICAS

- a) **Clásica Ilusión Nariz Arriba:** Corresponde a la ilusión más frecuente inducida por los otolitos (ver figura N° 3). En condición normal estática, una inclinación de la cabeza hacia atrás es percibida correctamente como una actitud nariz arriba. A su vez, una aceleración frontal horizontal induce un asentamiento por inercia de los otolitos, induciendo una falsa percepción de nariz arriba. Si se suman ambas, como lo que ocurre en una carrera de despegue, induce una ilusión desproporcionada de actitud nariz arriba, la cual, si el piloto tiende a corregir esta ilusión, buscando la percepción del ángulo correcto sin fijarse en los instrumentos, probablemente terminará estrellado. Esta misma situación ocurre a la inversa al desacelerar bruscamente en el plano horizontal, induciendo una ilusión de nariz abajo.
- b) **Ilusión de Inversión:** En este caso, muy similar a la ilusión anterior pero en aeronaves de alta performance, la ilusión de nariz arriba puede ser tan intensa que la sensación percibida es que la nariz ha sobrepasado la vertical, colocando la aeronave en una actitud muy anormal con el piloto invertido y mirando hacia atrás.
- c) **Ilusión por Exceso G:** Una inclinación lateral de la cabeza en un ambiente terrestre estático, sometido a una aceleración gravitacional de 1 G, entrega la información correcta de la magnitud de la inclinación. Si durante un viraje con una resultante de 2 G, al igual que las ilusiones anteriores, se sumará la percepción correcta mas la ilusión de exceso de viraje, induciendo una sensación de inclinación alar excesivo.

2. ILUSIONES OCULOGRÁVICAS

Al igual que las oculogiras, la sensación producida por los otolitos también induce un movimiento compensatorio de los ojos, produciendo la ilusión de movimiento de la imagen del campo visual en el mismo sentido de la ilusión de los otolitos, confirmando la ilusión.

3. ILUSION DEL "ASCENSOR"

Corresponde a una ilusión oculográmica en la cual, al sufrir una aceleración en la vertical por corriente ascendente o descendente mientras la aeronave se mantiene nivelada, la vista tiende a moverse en sentido opuesto por reflejo. Esto produce la ilusión que el campo visual se desplaza

induciendo la ilusión de estar montando o descendiendo, cambio de actitud que si no se está alerta el piloto tiende a corregir.

B. ILUSIONES PROPIOCEPTIVAS

En general, los sensores de presión del sistema propioceptivo entregan la misma información que lo órganos otolíticos, por lo cual, con el transcurrir del tiempo estas ilusiones se han descartado de las clases de fisiología de aviación. No obstante, el problema fundamental de estas ilusiones es que confirman o reafirman las ilusiones de los otolitos, haciendo más creíble la ilusión.

C. ILUSIONES VISUALES

A pesar de ser el órgano más importante o hegemónico de la orientación, en las condiciones propias de la aviación induce una serie de ilusiones, diurnas o nocturnas, centrales o periféricas, que es indispensable tener presente, por cuanto se le ha adjudicado una autoría importante en la génesis de las desorientaciones espaciales del Tipo I (no reconocidas).

REFERIDAS A LA VISIÓN CENTRAL

1. ILUSIONES DE PISTA

- a) **Declive / Ancho de Pista:** En ambas situaciones, sea con pistas inclinadas en forma ascendente o descendente, como asimismo, pistas de diferente ancho, inducen fácilmente ilusiones de error en la estimación subjetiva de altura sobre la pista, ilusión que ocurre en los momentos más críticos del aterrizaje, produciendo con facilidad "flares" altos o bajos según la condición.
- b) **Luces de Pista:** Uno de los parámetros utilizados por el piloto para estimar la altura sobre la pista es precisamente la habituación a como ve el ancho de pista, en pista conocida. En la misma pista, al fijarse ahora en las luces de pista, ubicadas por fuera de ésta, induce la ilusión que la pista está más ancha de lo normal y por ende, el piloto cree que la aeronave se encuentra más bajo de lo habitual.

2. ILUSIONES DE APROXIMACION

- a) **Declive de Terreno:** En este caso, no es la pista la que se encuentra inclinada sino el terreno que la precede. Al igual que en los declives de pista, el piloto tiende a estimar su altura de aproximación usando como referencia el terreno, induciendo en este caso un error de estimación del ángulo de aterrizaje.
- b) **Tamaño de Objetos:** Otra forma de estimar altura sobre el terreno es la imagen del tamaño de objetos conocidos que se encuentren en las inmediaciones de las pistas, como por ejemplo, los árboles. Si de una pista a la otra, el tamaño de los árboles son diametralmente diferentes en tamaño, el piloto tiende a estimar su altura basado en el tamaño de los árboles que el conoce.

3. ILUSIONES POR DEGRADACION O FUSION DE TERRENO

- a) **Agua Espejo / Visión Blanca:** En ambos casos, se produce una falta absoluta de referencias del terreno que permitan al piloto tener una estimación visual general de altura sobre el suelo.
- b) **Fenómeno "Hoyo Negro":** En condiciones nocturnas, la aproximación a una pista en ausencia de cualquier otra referencia visual que permita aunque sea una tenue apreciación de horizonte, a pesar de buenas luces de pista, esta carencia de referencias induce ilusiones de pista inclinada y

ninguna estimación de altura sobre el terreno. Igualmente, una pista en las cercanías de una ciudad iluminada, induce la ilusión que el plano de la pista es el mismo de la ciudad, pudiendo ser diametralmente distintas y por ende el peligro durante la aproximación a ésta.

4. ILUSION POR CONFUSION TIERRA / CIELO

En esta situación, el piloto es incapaz de distinguir un límite entre lo que es el suelo de lo que es el cielo. Por ejemplo, un suelo plano nevado fusionado con nubosidad cerrada; mar oscuro con noche oscura sin estrellas; o, un cielo con escasas estrellas con un mar con luces tenues de varias goletas pesqueras.

5. ILUSION POR DISTORSION OPTICA

Bien es conocido que el smog o neblina hace que los objetos se vean más distantes de lo que están en realidad. Esta situación en aviación se traduce en errores de estimación de distancia y altura sobre el terreno u otros objetos, como lo que sucede con las luces de pista en presencia de neblina.

6. ILUSION POR AUTOKINESIS

Fenómeno parecido a lo que sucede en las ilusiones oculogiras u oculográficas. En este caso, al mirar de noche una luz tenue, al no poder enfocar bien con la visión central, el ojo se mueve buscando poder enfocar con alguna parte de la retina, lo que hace que la imagen de la luz se mueva erráticamente en el campo visual. Esto puede crear problemas en vuelo en formación abierta nocturna. Actualmente las luces de navegación están diseñadas para evitar este problema.

REFERIDAS A LA VISIÓN PERIFÉRICA

1. ILUSIONES POR VECCION

Corresponden a las ilusiones inducidas por movimiento relativo entre dos objetos, pudiendo ser del tipo lineal o angular, en ausencia de otras referencias visuales. En esta circunstancia, el observador ubicado en uno de los objetos, sufre la ilusión de no poder discriminar cual de los dos objetos es el que se está moviendo. Esta ilusión tiene gran importancia, por ejemplo, en las formaciones entre dos o más aeronaves y en vuelos estacionarios de helicópteros sobre agua que se está desplazando.

2. ILUSIONES POR HORIZONTES FALSOS

Nuevamente, por la ausencia de referencias visuales comparativas, en ciertas circunstancias el piloto tiende a confundir ciertas imágenes con lo que él piensa es el horizonte verdadero, pudiendo desencadenar desenlaces desastrosos. Por ejemplo, al volar sobre una extensa capa de nubes que se encuentra inclinada, el piloto tiende a alinear las alas con la capa de nubes; al volar dentro de una capa de nubes, tiende a confundirse que la zona de mayor claridad corresponde a la vertical, siendo que esto en aviación no necesariamente es cierto; las luces de una carretera costera confundidas como horizonte, sólo indica el límite entre la tierra y el mar y no tierra y cielo; etc.

VI. ACCIONES A EJECUTAR ANTE LA PRESENCIA DE DESORIENTACION ESPACIAL

A. Referirse a los Instrumentos

Antes que nada, toda planificación de vuelo debe contemplar el riesgo de tener que pasar de condiciones VFR a condiciones IFR, versus la expedición que se tenga sobre esta materia. Es evidente que teniendo una visión central hegemónica sobre los demás sensores periféricos, frente a cualquier

percepción de una desorientación espacial, debe obligatoriamente referirse a los instrumentos de vuelo básicos de la aeronave.

B. Dar credibilidad a la información que entregan los instrumentos

Las ilusiones de vuelo pueden ser tan intensas que inducen a pensar que son los instrumentos de vuelo los que están defectuosos y por ende, no creerles; situación que en la realidad es casi imposible.

C. Disminuir al máximo los movimientos de la cabeza

Como se ha explicado, esto es de especial importancia durante los virajes en ausencia de referencias visuales.

D. Vuelo recto y nivelado

Una vez alcanzado el vuelo recto y nivelado de acuerdo a la información entregada por los instrumentos, debe evitarse cualquier maniobra hasta la total recuperación de las falsas sensaciones.

E. Entregar el Mando de la Aeronave

Muy raramente la desorientación espacial afecta a toda la tripulación de una aeronave en forma simultánea, por lo cual, si el piloto al mando no logra el control adecuado debe hacer entrega del mando.

F. Eyección

Si no es posible reestablecer una adecuada orientación, especialmente en aviones de alta performance y a baja altitud, la eyección inmediata puede ser la única oportunidad de sobrevivir.