

**CAUSAS DE INCAPACITACION EN PILOTOS DE LA AVIACION CIVIL DE LOS  
ESTADOS UNIDOS INVOLUCRADOS EN ACCIDENTES O INCIDENTES DESDE  
1993 A 2005**

**GONZALO A. GODOY MÉNDEZ**  
**Código 598248**

**Trabajo de grado presentado para optar al título de:  
Especialista en Medicina Aeroespacial**

**Director**  
**MD. EDGAR PRIETO**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA**  
**FACULTAD DE MEDICINA**  
**DEPARTAMENTO DE MEDICINA INTERNA**  
**BOGOTÁ, D.C.**  
**2011**

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	3
JUSTIFICACION .....	5
OBJETIVOS.....	9
IMPACTO.....	10
METODOLOGIA.....	11
MARCO TEORICO.....	10
CERTIFICACION Y EDUCACION AEROMEDICA EN INCAPACITACION .....	12
ESTADISTICA DE INCAPACITACION .....	12
ESTUDIO DE SIMULACION DE INCAPACITACION.....	13
REGLA DEL 1%.....	13
REGLA DE LAS DOS COMUNICACIONES .....	14
RIESGO CARDIOVASCULAR Y EVENTOS CARDIACOS COMO CAUSA DE INCAPACITACION.....	15
RIESGO DE INCAPACITACION POR DESORIENTACION ESPACIAL.....	16
USO DE SUSTANCIAS PSICOACTIVAS .....	17
FATIGA DE LAS TRIPULACIONES AEREAS .....	18
REGLAMENTACION APTITUD DE VUELO PARA TRIPULANTES.....	19
REGLAMENTACION USO DEL OXIGENO .....	19
ENTRENAMIENTO EN INCAPACITACION DE LOS TRIPULANTES .....	20
AUTOEVALUACION DE LOS TRIPULANTES .....	21
DISCUSION .....	26
CONCLUSIONES.....	47
ABREVIATURAS .....	48
DEFINICIONES.....	48
REFERENCIAS .....	49

## INTRODUCCIÓN

Dos principios básicos son esenciales para evaluar la aptitud física del solicitante de una licencia en aviación, especificadas en el Anexo 1 del convenio de la organización de la aviación civil internacional, Capítulo 6, disposiciones médicas para la concesión de licencias, a saber: a) El solicitante deberá estar física y mentalmente capaz de ejercer las funciones de la licencia o habilitación que solicite. b) No habrá razones médicas que hagan prever la probabilidad de incapacitación mientras transcurre el desempeño de sus funciones en la aeronave (1).

En las últimas décadas se ha dado una gran importancia sobre el entendimiento de las causas de incapacitación y alteración en la condición de salud de los tripulantes de aeronaves, que han estado involucrados en accidentes o incidentes de aviación.

Uno de los aspectos más relevantes es el riesgo sobre la seguridad aérea en situaciones en las que el piloto llega a presentar un evento médico incapacitante, no obstante el análisis de estas causas, puede lograr un entrenamiento dirigido a que este personal sea capaz de sortear estos eventos manteniendo la seguridad de la aeronave y sus ocupantes.

La incapacitación en vuelo, es un riesgo para la seguridad aérea, y es reconocido que puede derivar en un accidente. Estas incapacitaciones suceden mas frecuentemente que muchas otras emergencias, para las cuales se tienen programas de entrenamiento rutinario, como una descompresión súbita. Los eventos incapacitantes o que produzcan alteración en la condición médica de los pilotos, puede presentarse en un rango que va desde la muerte súbita, hasta situaciones difícilmente detectables de perdida parcial de las funciones psicofísicas. Estos eventos pueden ocurrir en todos los grupos de edad y en todas las fases de vuelo.

Recientes encuestas han determinado que una tercera parte de pilotos reportan que han experimentado un episodio de incapacitación que ha requerido que otro miembro de la tripulación tome el control de la aeronave, con afectación amenazante y significativa de la seguridad del vuelo, en el 3% de los casos.

En el manual de medicina de aviación civil de la OACI, referente el término incapacitación significa cualquier reducción en la aptitud psicofísica de un grado o de una naturaleza que es probable que la seguridad del vuelo se vea comprometida, también se considera el término cuando es suficiente para requerir que otro miembro de la tripulación asuma las funciones del afectado. De acuerdo con el Dr. DeJohn del

CIVIL AEROMEDICAL INSTITUTE, el termino incapacitación debe ser usado cuando un tripulante de aeronave es incapaz de realizar acciones propias del vuelo y conducción de la aeronave. Ejemplos de episodios de incapacitación se incluyen: la intoxicación por monóxido de carbono, los trastornos del ritmo cardiaco, hipoxia, sincope, el efecto producido por uso de sustancias psicoactivas y las crisis epilépticas, entre otras importantes causas.

La alteración de la condición física conocida por el uso del término “INCAPACITACIÓN PARCIAL - (IMPAIRMENT)” que en adelante se utilizará, enmarca una condición en el cual el tripulante de aeronave puede realizar algunas actividades pero estas son limitadas, estando el individuo bajo un rendimiento mental o físico disminuido. Ejemplo de algunas actividades limitadas, es cuando el individuo puede leer las cartas de navegación, leer las listas de chequeo o establecer comunicación por radio. Ejemplo de algunas causas de “Incapacitación parcial - (impairment)” incluyen: la intoxicación alimentaria, el uso de lentes de visión sin adecuada corrección, fatiga y cálculos renales.

## **JUSTIFICACION**

El impresionante crecimiento de la aviación civil internacional durante los últimos decenios ha ido acompañado de una constante preocupación por la seguridad en el transporte aéreo. El número de accidentes de las compañías aéreas al año se incrementará ante el crecimiento continuo de la industria, teniendo en cuenta que los índices de accidentes permanecer sin cambios. Es, por tanto, esencial continuar examinando todas las áreas que tienen un impacto en la seguridad del vuelo. Una de ellas, es la incapacitación del piloto durante el vuelo.

## **OBJETIVOS**

### **1. PRINCIPAL:**

Determinar las principales categorías de eventos médicos en vuelo en accidentes e incidentes de aviación en los Estados Unidos desde 1993 a 2005.

### **2. SECUNDARIOS:**

Describir las causas de incapacitación por tipos de aeronaves, aeronaves de ala fija, helicóptero y aeroplano, indicando diferencias estadísticamente significativas de cada uno.

Caracterizar las primeras 5 causas de incapacitación total e incapacitación parcial, dentro del total de hallazgos de los casos estudiados.

Describir cuales son las fases de vuelo, en las cuales se han presentado la mayor frecuencia de accidentes.

Con base a los resultados destacar posibles causas que potencialmente hubieran podido ser prevenidas o solventadas por el piloto o por el resto de la tripulación, o por el sistema de apoyo del piloto (educación, equipo/sistemas, organización).

Obtener tasas de accidentalidad por incapacitación total e incapacitación parcial, dentro de las horas totales de vuelo.

## **IMPACTO**

Es proyectado que los resultados de este estudio sean de gran utilidad en el entrenamiento de las tripulaciones, y en el reconocimiento temprano de la afectación de un miembro por incapacitación total e incapacitación parcial, que permita sobrepasar el evento sin efectos sobre la seguridad de la aeronave y sus ocupantes.

Adicional, el estudio permitirá obtener información que permita valorar mejor el riesgo y la probabilidad de presentación de un evento relacionado con incapacitación o incapacitación parcial - (impairment).

Basado en los resultados, las autoridades de aviación civil, incluidas la **Aeronáutica Civil de Colombia**, podrá tener cifras objetivas de utilidad en los procesos de certificación, que sean compatibles con la máxima tasa aceptable del uno por ciento, conocida en el ámbito aeronáutico como la regla del 1%.

## **METODOLOGIA**

1. Revisión bibliográfica de artículos en relación a incapacitación o incapacitación parcial - (impairment) en tripulaciones aéreas. Proceso facilitado por las consultas realizadas mediante la biblioteca de la Universidad Nacional de Colombia, y el CAMI Civil Aerospace Medical Institute.
2. Conducción de la búsqueda al periodo comprendido entre 1993 a 2005.
3. Recolección de accidentes o incidentes en los cuales la incapacitación o incapacitación parcial - (impairment) de los tripulantes haya sido considerado un factor o causa en los accidentes o incidentes. Proceso facilitado por la consulta de la base de datos de la NTSB, el cual tiene un acceso libre y gratuito.
4. Consolidación y manejo estadístico de los datos. Análisis en conjunto con los mentores en el CIVIL AEROSPACE MEDICAL INSTITUTE
5. Preparación de material audiovisual (ayudas en power-point) definitivas seleccionando los hallazgos más significativos.
6. Socialización del tema en la división de medicina aeroespacial de la Universidad Nacional, con el fin de realizar modificaciones y adiciones que optimicen el manejo otorgado de la información.
7. Preparación del Abstract, describiendo los hallazgos del estudio para envío al comité científico de la AEROSPACE MEDICAL ASSOCIATION para su evaluación y posible postulación en el congreso del segundo semestre de 2012.

## **EQUIPO REQUERIDO**

Computador personal con acceso legal a INTERNET.

Se utilizará software EXCEL versión 2007, se introducirán datos en la última versión Epi Info 3.5.1, de uso libre y gratuito desde la página oficial del CDC (<http://www.cdc.gov/epiinfo/>)

## **REQUERIMIENTO DE INSTALACIONES**

Oficina de la División de apoyo especializado en Medicina Aeroespacial.  
Consulta biblioteca y hemeroteca Universidad Nacional de Colombia.

## **VARIABLES**

**Informacion Operacional:**

1. Numero De Accidente O Incidente Determinado Por La Ntsb.
2. Fecha.
3. Hora.
4. Lugar – Estado Y Ciudad.
5. Tipo De Operación.
6. Clasificacion Según Accidentes O Incidente.
7. Fase De Vuelo.
8. Nombre Del Empleador – Aerolinea.
9. Numero Del Vuelo – Número De La Aeronave.
10. Tipo De Aeronave.
11. Necesidad De Desvio De La Aeronave Por El Evento.

**Informacion Del Piloto:**

1. Edad
2. Genero.
3. Posicion En La Aeronave.
4. Horas De Vuelo En La Aeronave.
5. Horas Totales De Vuelo.
6. Entrenamiento En Vuelo Por Instrumentos.

**Material Resultante Esperado:**

1. Lista De Referencias En Copia Digital.
2. Presentación Power-Point.
3. Informe Final Trabajo De Grado.
4. Abstract Dirigido A Asma.

## MARCO TEORICO

La incapacitación en vuelo es definida por la organización de aviación civil internacional como cualquier condición que afecta la salud de un tripulante con licencia, durante el desempeño de las tareas asociadas con los privilegios de su licencia y genera en el tripulante una incapacidad para llevar a cabo estas actividades (20).

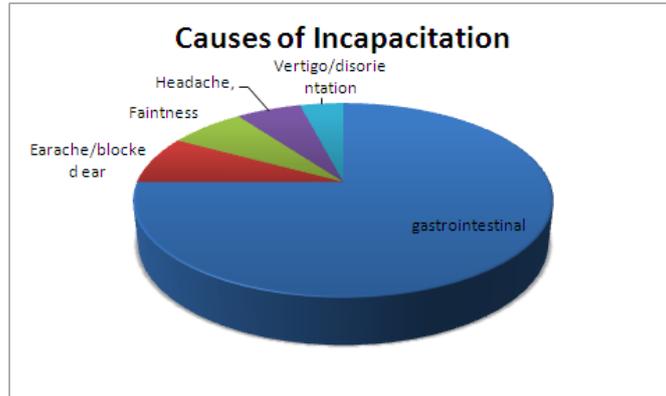
El Dr. DeJohn señala en su revisión publicada en el 2006, que 13 artículos han sido publicados en relación a incapacitación de pilotos, en el lapso de 1968 a 2000.

Como postulado los Drs. Raboutet, (9) señalaron que para la presentación de un accidente fatal se deberían presentar las siguientes condiciones:

- a. Afectar al piloto al mando de los controles.
- b. Tener una aparición súbita.
- c. Ser una incapacitación total del piloto.
- d. Presentarse en una fase crítica del vuelo.

Buley (10) examinó los resultados de un cuestionario administrado a los pilotos de las asociaciones miembro de IFALPA en 1967, en los que el 27% de los encuestados aproximadamente 5000 informó sobre 2.000 casos de importantes durante el vuelo incapacitación. Seguridad de vuelo se vio afectado en el 4% de los casos. Casi la mitad de incapacitaciones denunciados ocurrieron en la fase en ruta del vuelo. Las causas de incapacitación en pilotos de líneas aéreas, en orden de frecuencia son:

1. acción intestinal incontrolables (21%) y "otros" síntomas gastrointestinales (54%) 75%
2. Dolor de oído / auditivo bloqueado 8%
3. Desmayo / debilidad general del 7%
4. Dolor de cabeza, migraña, incluyendo 6%
5. Vértigo / desorientación 4%



Como puede verse, la mayoría de estas inhabilitaciones son causadas por trastornos gastrointestinales que suelen ser imposible de predecir. Si bien pueden representar diversos grados de malestar y molestias, también pueden ser totalmente incapacitantes. Es difícil regular y prevenir los eventos asociados a enfermedad gastrointestinal (20), reposando la principal responsabilidad en los mismo tripulantes que deben mantener medidas de higiene, así como recibir y poner en práctica las recomendaciones.

Los hallazgos de Buley en el estudio anterior, contrastan con el estudio de Booze, publicado en 1989 (18), en el que varios accidentes causados por incapacitación súbita en vuelo, son el resultado de eventos cerebrovasculares y cardiacos, uso de alcohol y drogas, intoxicación por monóxido de carbono y convulsiones.

Algunos factores humanos, muy específicos del ambiente aeronáutico (17), pueden también contribuir a las incapacitaciones súbitas en vuelo, incluyendo hipoxia, desorientación espacial y el uso inapropiado de protección anti-G.

Sin embargo, las causas de incapacitación varían según la forma de recolección de datos y la población de estudio, por ejemplo en el estudio de Bennet, publicado en 1984 (21), con datos de la IATA, documenta las crisis convulsivas y los episodios sincopales, como causa adicional a la enfermedad cardiovascular como las causas de incapacitación súbita en 36.000 pilotos seguidos durante 10 años. La frecuencia se puede observar según la siguiente tabla. Hallazgos similares fueron encontrados por Evans en el 2002, en pilotos de aerolínea en el Reino Unido en un periodo de 10 años (22).

CAUSA	n
Isquemia aguda del miocardio	10
Crisis epileptiformes	7
Sincope	6

<b>Hemorragia cerebral</b>	3
<b>TOTAL</b>	26

### ***CERTIFICACION Y EDUCACION AEROMEDICA EN INCAPACITACION***

Uno de los mayores objetivos de los exámenes médicos es la determinación de la aptitud psicofísica de un tripulante, y evaluar la probabilidad de que la condición resulte en una incapacitación en vuelo (20). La forma como se realice esta evaluación por la autoridad competente, será el mecanismo objetivo que será compatible con los estándares generalmente aceptados, en el contexto de la discusión de la regla del 1% en cada caso particular.

Los exámenes de certificación anual o bianual, no pueden por si solos reducir el riesgo de incapacitación a un nivel mínimo aceptable, aun haciendo uso de los mas rigurosos estándares médicos. Retirar al personal de mayor edad de las actividades de vuelo, puede suponer un alto precio en términos de sacrificio y pérdida de la experiencia del piloto, lo cual podría paradójicamente, tener un efecto contrario, pues es probable que la seguridad aérea se deteriorara si un piloto de mayor edad con problemas de salud menores, sean remplazados por individuos jóvenes y mas saludables, pero con menos experiencia en pilotaje.

Sin embargo existen otros importantes puntos de acción, especialmente sobre la educación de la tripulación. Desde este punto de vista se debería reconocer que *“cualquier piloto puede llegar a sentirse incapacitado en cualquier momento”*. (1)

### ***ESTADISTICA DE INCAPACITACION***

En un informe de la IATA, se reportaron 277 eventos de incapacitación en 17 años, con un promedio de 16 eventos año, (4) reportando también 13 casos debidos a eventos cardiacos en 13 años, con un promedio de 1 caso por año. Sin embargo, ningún accidente fue atribuido a un evento cardiaco como causa primaria. Teniendo en cuenta estas cifras, mas las obtenidas mediante la simulación del Dr. Chapman, de 1 accidente por cada 400 incapacitaciones, se estima solo tener 1 accidente debido a causa cardiaca cada 400 años.

I.A.T.A. CARRIERS—1965-81			
Year	Cases Reported	Pilot Strength	Carriers Reporting
1965	4	19,700	48
1966	6	29,000	51
1967	9	25,000	45
1968	10	27,359	41
1969	17	36,097	55
1970	18	35,875	47
1971	11	37,268	52
1972	21	40,177	39
1973	13	38,247	44
1974	15	36,449	43
1975	18	45,075	44
1976	19	42,828	42
1977	27	36,892	47
1978	17	37,428	26
1979	25	20,352	24
1980	21	14,304	24
1981	24	18,765	25
Totals	277	540,816	

### **ESTUDIO DE SIMULACION DE INCAPACITACION**

En 1984 el Dr. Chapman, realizó uno de los estudios más significativos en la aproximación en el efecto de la incapacitación de tripulantes durante las fases críticas del vuelo, despegue y aterrizaje, Efectuó una simulación de incapacitación completa, y sutil del piloto al mando de los controles en una fase crítica del vuelo, durante vuelos en simulador de pilotos, con una presentación aleatoria del evento médico. Según los resultados en una primera serie, de 500 eventos de incapacitación sutil, en 15 casos se presento un riesgo significativo de la aeronave y en 8 se presentó un accidente. En una segunda serie, únicamente se tomaron se simularon eventos, sin la ocurrencia simultanea de fallas en otros elementos de la aeronave, de 800 ejercicios simulados, se presentaron 10 situaciones que colocaron en riesgo de la seguridad, pero de estos solo 2 resultaron en un accidente (0,25%) o en 1 de 400 eventos.

### **REGLA DEL 1%**

La tasa aceptable de incapacitación es como máximo de 1% anual, lo cual ha sido reconocido como la regla del 1%, esta norma especifica una tasa anual prevista de incapacidad médica, la cual si se excede, se debe excluir a un piloto de vuelo en un avión con tripulación múltiple.

Esta regla es ampliamente considerada por muchos estados como un nivel de riesgo aceptable y ha sido aprobada por las Autoridades de Aviación como base de la evaluación del riesgo aeromédico.

La regla del 1% no puede aplicarse a pilotos que vuelan en solitario en las operaciones de transporte público, ya que se deriva de las operaciones de aeronaves con un mínimo de dos pilotos, por ende se cuenta con la disponibilidad de un segundo piloto para hacerse cargo de la operación de la aeronave, en caso de presentarse la incapacitación de un piloto. Sin embargo, la regla del 1% se ha aplicado también a la población de piloto privados por algunos Estados, sobre una base pragmática, de modo que un piloto privado que desarrolla un problema médico puede permitírsele seguir volando como piloto único en aeronave si su riesgo de incapacitación es del 1% por año o menos. Esta aceptación de un mayor riesgo de incapacitación en un piloto privado parece razonable, ya que el nivel general de seguridad que se exige a las operaciones privadas es menor que el de las operaciones comerciales.

La "regla del 1%" proporciona un método racional y objetivo de evaluar la aptitud de los solicitantes. Sin embargo, se han sugerido otros límites como del 2% por año, en especial si se consideran que los más modernos aviones, previenen cualquier orden suministrada por el piloto, y que vaya en contra de la seguridad del vuelo (20). Sin embargo, el punto importante, es que los Estados deben tratar de definir criterios objetivos para la evaluación de la aptitud psicofísica y fomentar la coherencia en la toma de decisiones, ayudando a mejorar de la armonización mundial de los estándares médicos. (1)

También es necesario considerar si se presenta más de una situación por evaluar en un piloto, por ejemplo una enfermedad cardiovascular y diabetes. En estas circunstancias se debe considerar cada situación individual, cual representa el mayor riesgo, y si la aeronave es de tripulación única o múltiple (20).

## ***REGLA DE LAS DOS COMUNICACIONES***

Esta regla fue desarrollada para detectar las incapacitaciones sutiles de miembros de la tripulación, como por ejemplo por fatiga, privación de sueño o consumo de sustancias psicoactivas, antes que estas se vuelvan operacionalmente críticas. La regla establece: "Los miembros de la tripulación deberían tener un alto grado de sospecha de incapacitación sutil, en cualquier momento en que la tripulación no responda apropiadamente a dos comunicaciones verbales, o en cualquier momento en el que un miembro de la tripulación no responda apropiadamente a cualquier comunicación verbal asociada con una significativa desviación de los procedimientos estandarizados de operación ó el perfil de vuelo establecido. Esta regla es sencilla, fácil y efectiva.

## **RIESGO CARDIOVASCULAR Y EVENTOS CARDIACOS COMO CAUSA DE INCAPACITACION**

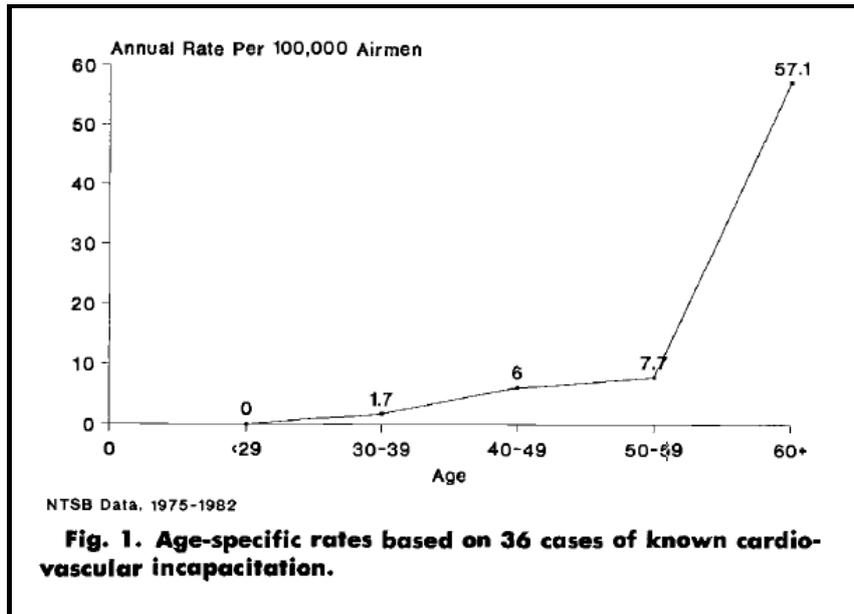
La mayoría de muertes por eventos cardiovasculares en individuos menores de 35 años, son debidos a cardiomiopatía hipertrófica, acorde a la literatura disponible en medicina deportiva, mientras que en hombres mayores de 35 años, casi todos los casos son debidos a Enfermedad coronaria (17). Los estudios en autopsia revelan que la prevalencia de enfermedad coronaria es similar a la encontrada en la población general.

La literatura contiene numerosos reportes de pilotos que han tenido ataques cardiacos en los controles, pero pocos accidentes han resultado de estos eventos. La Fuerza Aérea de los Estados Unidos ha concluido en sus reportes (17) que los infartos de miocardio son raros eventos, después de haber realizado una revisión en la cual se encontraron solo dos casos de sospecha de infarto de miocardio en vuelo entre 1962 y 1972.

El Estudio de Rabounet, publicado en 1975 (9), reportó una alta incidencia de eventos cardiovasculares, en 11 de 13 eventos de incapacitación la causa fue un evento coronario. Sin embargo ninguno de estos termino en un accidente.

Un estudio realizado mediante la revisión de 614 historias clínicas en el 2005 en la aeronáutica civil de Colombia (19), encontró que la prevalencia de factores de riesgo fue de HTA 7,8 %, Diabetes 1,3 %, Hipercolesterolemia 36 %, Hipertrigliceridemia 36 %, HDL Bajo 36 %, LDL Alto 32 %, Tabaquismo 12.8 %, Obesidad 7 % y Síndrome Metabólico en el 6 %. Se encontraron diferencias entre pilotos de primera y segunda clase, siendo los factores de riesgo más frecuentes en la segunda categoría.

El estudio de Booze, ante sus hallazgos recomienda el seguimiento estricto sobre los tripulantes de mayor edad (18), encontrando una tasa anual por 100.000 tripulantes, que aumenta desde 1,7 entre los 30 y 39 años, hasta 57.1, entre los tripulantes mayores de 60 años.



## **RIESGO DE INCAPACITACION POR DESORIENTACION ESPACIAL**

La percepción de orientación es la sensación de la posición del individuo y el movimiento relativo al plano de la superficie de la tierra. Esta orientación puede ser de origen primario obteniéndose de percepciones visuales, vestibulares u otras sensaciones que normalmente contribuyen a nuestra orientación en el ambiente natural; o puede ser secundaria (sintética) lo cual significa que esta es intelectualmente construida a partir de la visión focal, verbal u otros datos simbólicos, como los que son presentados en los instrumentos de vuelo (17). La desorientación espacial, esta caracterizada por una errónea percepción de orientación, siendo una errónea percepción de posición y movimiento del individuo relativo al plano de la superficie de la tierra. Operacionalmente y para los fines de investigación de la NTSB, la desorientación espacial se debe a una errónea percepción de cualquiera de los parámetros indicados por los instrumentos de control y rendimiento de la aeronave, entre estos el horizonte artificial, (ángulo de banqueo y de cabeceo), y los indicadores de potencia y empuje. Así mismo se incluyen los instrumentos de velocidad, altitud, velocidad vertical, rumbo, tasa de deslizamiento, ángulo de ataque, aceleración, y plan de vuelo ( vector de velocidad). Entre los investigadores de una escena de accidente aéreo ya sean estos pilotos, fisiólogos, cirujanos de vuelo, si la respuesta a la siguiente pregunta: “¿el Piloto reconoció la verdadera actitud de cabeceo y velocidad vertical (y/u otro parámetro dentro de los parámetros de rendimiento)” es NO, entonces es obvio que se presento

un evento de desorientación espacial en el piloto, y la participación de la desorientación en la secuencia de eventos es clarificada.

La fracción de accidentes debidos a desorientación espacial, se ha duplicado en las décadas entre 1950 y 2000 (17). La Agencia de seguridad del transporte de los Estados Unidos NSTB, identifico 125 accidentes entre el 2000 y 2006, donde la desorientación espacial fue el factor primario.

La desorientación espacial es un evento común en la aviación mundial, por ejemplo las Fuerzas Militares de Canadá encontraron mediante una encuesta que 44% de los pilotos de avión caza F-18 habian experimentado desorientación espacial, de estos el 10% habían experimentado mas de 3 episodios, y complementaron estos hallazgos con un estudio retrospectivo, de los accidentes debidos a desorientación espacial, encontrando 14 accidentes con 24 fatalidades, representando el 23% de los accidentes de aeronaves (23). Hallagos similares fueron encontrados por Singh and Navathe, en un recopilación que se puede observar en la siguiente tabla (24).

TABLE IV. INCIDENCE OF DISORIENTATION-RELATED ACCIDENTS—OTHER WORKERS.

Worker/Source	Incidence as a % of	
	Major	Fatal
USAF (10)*	4	14
USAF (8)	9	26
USAF (1)	6	15
USAF (6)	5.5	—
USAF (4)	9.6	18.4
U.S. Army (5)	7.11	16
U.S. Navy	6.75	—
British Army (3)	34	15
RAF	8.5	—
U.S. General Aviation (7)	15.6	2.5

\* Parentheses indicates reference number.

La principal medida de prevención (17) es el entrenamiento y la inclusión de este en los cursos de CRM – manejo de recursos de cabina.

## **USO DE SUSTANCIAS PSICOACTIVAS**

En el ambiente aeronautico, cualquier sustancia psicoactiva aun cuando sea prescrita bajo una practica médica, tiene el potencial de poner en peligro la seguridad de un vuelo. (1) Este riesgo involucra el consumo de sustancias en forma temporal o en forma

habitual, siendo ambas actividades inseguras en la aviación. (1) El personal certificado para vuelo quien se encuentre bajo los efectos de sustancias psicoactivas, debe renunciar a los privilegios del uso de su licencia como piloto o tripulante. (1)

Los países contratantes de la OACI, deben asegurarse con la mayor probabilidad, que cualquier individuo que tenga una certificación de vuelo, sea removido de sus actividades críticas en la seguridad de la aviación. El retorno de este individuo puede ser considerado después de un tratamiento exitoso, determinando que el rendimiento del individuo no pone en riesgo la seguridad. (1)

Otras recomendaciones se presentan en el anexo 2 reglas de vuelo para el uso de sustancias psicoactivas, en la sección 2.5 uso problemático de sustancias psicoactivas: “El personal cuyas funciones sean críticas desde el punto de vista de la seguridad de la aviación (empleados que ejercen funciones delicadas desde el punto de vista de la seguridad) no desempeñarán dichas funciones mientras estén bajo la influencia de sustancias psicoactivas que perjudiquen la actuación humana. Las personas en cuestión se abstendrán de todo tipo de uso problemático de ciertas sustancias” (3)

Definiciones:

**Sustancias psicoactivas.** El alcohol, los opiáceos, los cannabinoides, los sedativos e hipnóticos, la cocaína, otros psicoestimulantes, los alucinógenos y los disolventes volátiles, con exclusión del tabaco y la cafeína. (2)

**Uso problemático de ciertas sustancias.** El uso de una o más sustancias psicoactivas por el personal aeronáutico de manera que:

- a) constituya un riesgo directo para quien las usa o ponga en peligro las vidas, la salud o el bienestar de otros; o
- b) provoque o empeore un problema o desorden de carácter ocupacional, social, mental o físico. (2)

## **FATIGA DE LAS TRIPULACIONES AEREAS**

La fatiga en las tripulaciones suele derivarse e alteraciones del ritmo circadiano, del déficit de sueño presente antes del sueño, (inducida por el uso de café o alcohol, estrés psicológico, indigestión, o trastornos del sueño) o debido a alteraciones durante varios días por incomodidades en los hoteles o bases militares, con varios estresores ambientales como luz, ruido, o insectos. La fatiga es común en los vuelos que se

extienden entre las 2 y 5 am, o los vuelos que tienen una duración mayor a 10 horas. Aun así la fatiga puede ocurrir en vuelos cortos en ambientes rutinarios en donde existe una deuda de sueño significativa (17).

### ***REGLAMENTACION APTITUD DE VUELO PARA TRIPULANTES***

El piloto en comando, será responsable de garantizar que en el vuelo: (1)

- a) no inicie si cualquier miembro de la tripulación, esta incapacitado para realizar sus actividades debido a cualquier causa como: lesión, enfermedad, fatiga, los efectos del alcohol o las drogas.
- b) No se continúe el vuelo, mas allá del aeródromo adecuado mas cercano cuando los tripulantes del vuelo, cuando la capacidad de los tripulantes para realizar sus funciones, se encuentra significativamente reducida por una alteración de las facultades, por causas como: fatiga, enfermedad, perdida de oxígeno.

### ***REGLAMENTACION USO DEL OXIGENO***

Según la OACI, un vuelo operado a altitudes en las cuales la presión atmosférica en el compartimiento del personal sea menor a 700 hPa (700mb) no debería iniciarse a menos que se cuente con suficiente oxígeno almacenado, que debe ser utilizado en caso de:

- a) Todos los miembros de la tripulación y 10% de los pasajeros por cualquier periodo de tiempo que exceda los 30 minutos, en altitudes de operación que se encuentren entre 700mb y 620 mb.
- b) Los tripulantes y los pasajeros por cualquier periodo de tiempo en el que el compartimiento por ellos ocupados tenga una presión atmosférica inferior a los 620 hPa (620mb).

Un vuelo que sea operado con un avión presurizado, no se iniciará a menos que exista una cantidad suficiente de oxígeno para respirar, para ser usado en caso de pérdida de presurización, por cualquier período que la presión atmosférica en cualquier compartimiento ocupado por ellos sea inferior a 700 hPa (700 mb).(1)

La aviación del Ejército Colombiana, tiene las siguientes recomendaciones en relación al uso de oxígeno en vuelo(16):

**Aeronaves no presurizadas:**

Tripulantes de la aeronave.

En vuelos sobre 10,000 pies de altitud presión por más de una hora.

En vuelos sobre 12,000 pies de altitud presión por más de 30 minutos.

Tripulantes y todos los ocupantes de la aeronave.

En vuelos sobre 14,000 pies de altitud presión por cualquier período de tiempo.

Para vuelos sobre 18,000 pies de altitud presión, se realizará una respiración de oxígeno antes del despegue de la aeronave.

**ENTRENAMIENTO EN INCAPACITACION DE LOS TRIPULANTES**

El entrenamiento en incapacitación de los Pilotos (1), es la formación en el reconocimiento temprano de una incapacitación y en el traspaso seguro de los controles. Los Estados Unidos han sido pioneros en este entrenamiento, lo cual ha sido muy eficaz para prevenir los accidentes de origen en una incapacitación física. Aunque este tipo de entrenamiento parece menos eficaz en caso de incapacidad mental. Una serie de 81 incapacitaciones simuladas, entre obvias o completas y sutiles mostró que los pilotos necesitan ayuda en dos áreas: La primera es la necesidad de un método de detección de incapacitaciones sutiles antes que estas se conviertan en operacionalmente críticas. La segunda necesidad era la de un método de un método organizado de manejo de la incapacitaciones una vez que fueran reconocidas. Se reconoció que todas las incapacitaciones del piloto crean tres problemas básicos para el resto de la tripulación. Aunque este estudio se llevó a cabo hace muchos años, sus recomendaciones siguen siendo válidas.

a) Mantener el control de la aeronave.

b) Tomar medidas ante la incapacitación del tripulante afectado. (Un piloto incapacitado puede llegar a representar un riesgo en la cabina de la aeronave, siendo una situación de distracción para el resto de la tripulación. Por esta razón el tripulante incapacitado, debería ser removido de la cabina de mando, y ser manejado por el personal de la cabina de pasajeros.

c) Proceder a reorganizar la situación de la cabina de mando y llevar la aeronave a un aterrizaje seguro.

Varias entidades recomiendan la inclusión de casos de incapacitación dentro del entrenamiento en CRM en las tripulación (6) como las British aviation authority.

Otra aproximación al problema lo realiza la Agencia de Aviación del Canadá (15), recomendando inicialmente que todos los tipos de incapacitación sean tratados como graves. Siendo la primera responsabilidad de los miembros de la tripulación, garantizar la operación segura de la aeronave.

Esta agencia recomienda la palabra CHASE como nemotecnia para organizar las acciones:

1. Control : Control de la aeronave.
2. Help! : Declare la emergencia y alerte a otros miembros de la tripulación.
3. Assess : Evalúe la situación.
4. Secure : Asegure las víctimas y la cabina.
5. Explain : Explique su plan al controlador de tráfico aéreo y a los otros miembros de la tripulación.

### ***AUTOEVALUACION DE LOS TRIPULANTES***

El personal de tripulantes debería hacerse las siguientes preguntas con mayor frecuencia en referencia a la preparación en caso de eventos de incapacitación: (15)

1. En una emergencia, ¿cómo utilizaría los recursos disponibles, tales como ATC, los pasajeros y su tripulación (si los tiene)?
2. ¿Cuándo fue la última vez que incluyó un briefing sobre incapacitación?
3. ¿Se ha entrenado sobre cómo asegurar un piloto en incapacitación súbita en su avión?
4. ¿Tiene usted riesgo de incapacitación?

## RESULTADOS

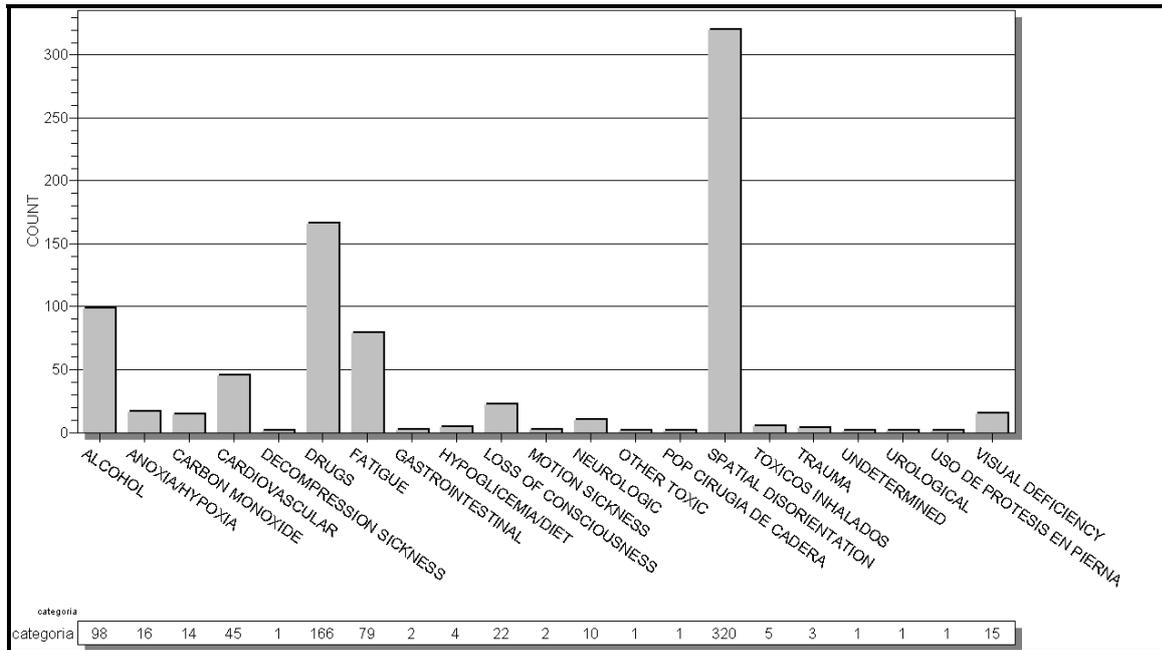
Se obtuvo información de 768 accidentes o incidentes desde la base de datos de la NTSB, en los cuales se revisaron 807 eventos médicos, tanto de incapacidad parcial, como incapacidad total de los tripulantes pilotos, en el lapso del estudio 1993 a 2005. Cabe mencionar que en mas de un accidentes o incidentes se presentaron mas de un evento médico, como por ejemplo la concurrencia en el mismo accidente de deorientacion espacial y fatiga de la misma tripulación, ambos eventos considerados como factores dentro de la cadena de errores que derivo en el accidente. La media de edad fue de 49.2 años, incluyendo pilotos desde los 15 hasta los 91 años de edad. Los eventos médicos participaron como causa o factor en el 2.9% de todos los accidentes investigados por la NTSB en los 13 años del presente estudio, correspondiendo a 768 de 26.343 eventos investigados.

La media de horas de vuelo de los tripulantes que presentaron eventos médicos fue de 3233 horas.

El estudio incluyó todos los tipos de operación que están reguladas por la Federal Aviation Administration, desde la aviación comercial hasta la aviación privada. Según se puede observar en el siguiente cuadro.

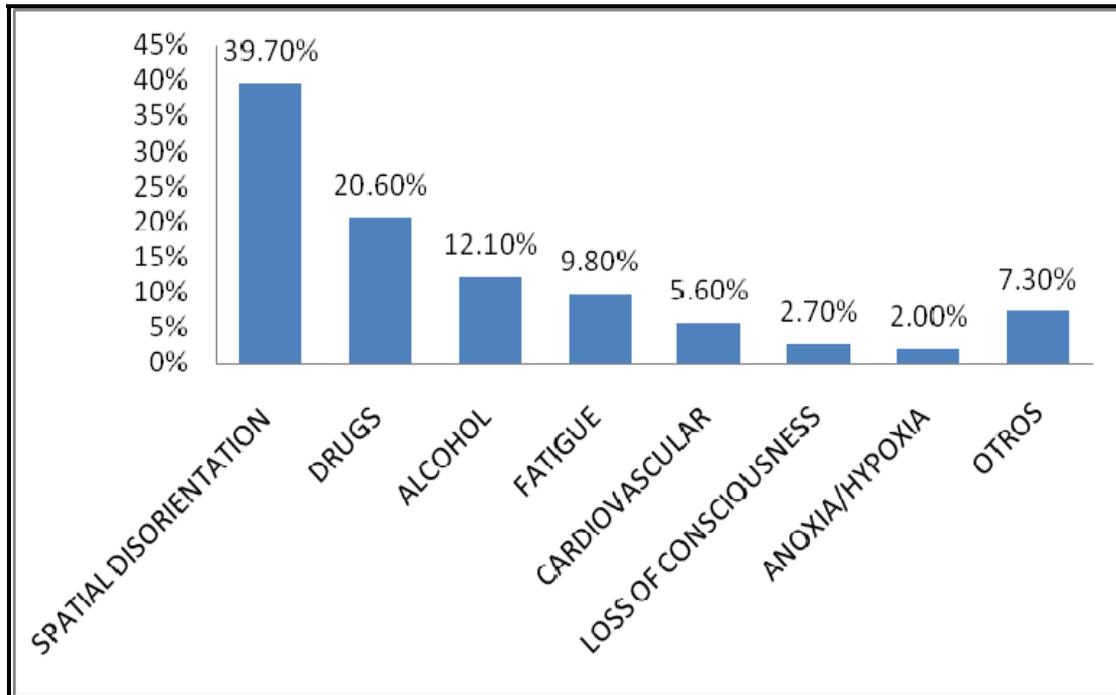
<b>PART 121: AIR CARRIER - AEROLINEAS</b>	14
<b>PART 135: AIR TAXI &amp; COMMUTER – TAXI AEREO Y VUELOS REGIONALES</b>	34
<b>PART 137: AGRICULTURAL - VUELO CON PROPOSITOS DE FUMIGACION</b>	20
<b>PART 91: GENERAL AVIATION - AVIACION GENERAL CONSIDERADA COMO PRIVADA.</b>	700
<b>Total</b>	<b>768</b>

Los factores médicos involucrados en los eventos investigados por la NTSB, se pueden observar en el siguiente gráfico



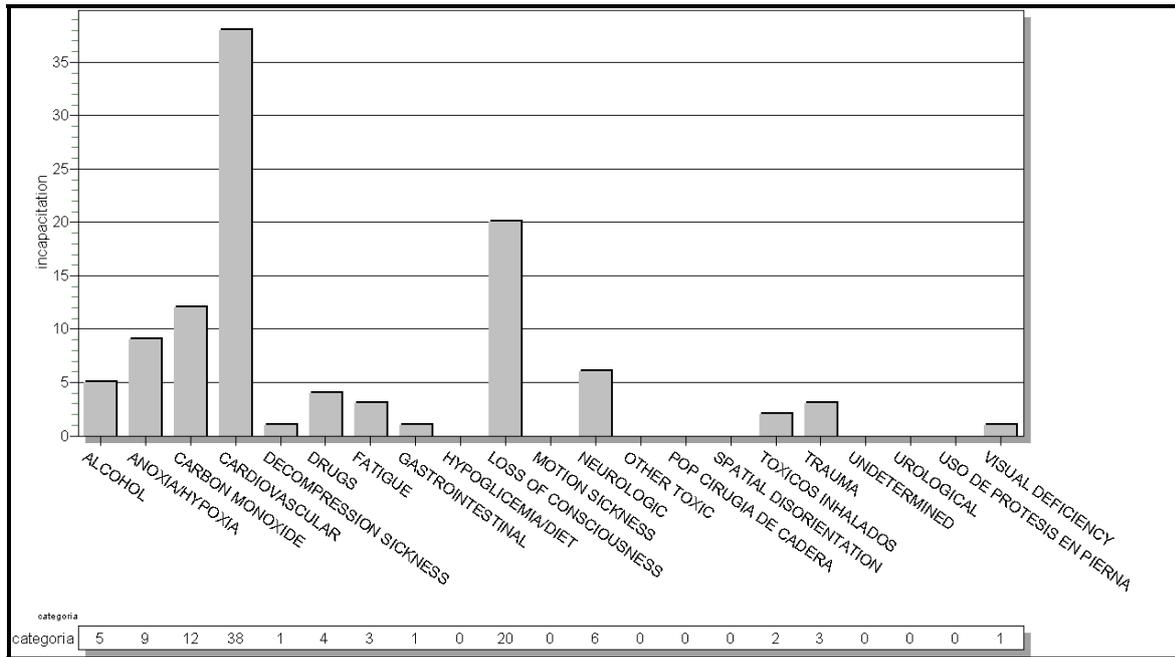
Para una mayor claridad de los factores involucrados en los eventos médicos, se presenta la siguiente tabla de las 10 primeras, siendo necesario resaltar los primeros 3 factores, desorientación espacial, efectos de drogas (incluye las sustancias ilícitas, bajo prescripción médica y medicamentos de venta libre) y los efectos del consumo de alcohol.

Categoría	Frequency	Percent
Spatial Disorientation	320	39.70%
Drugs	166	20.60%
Alcohol	98	12.10%
Fatigue	79	9.80%
Cardiovascular	45	5.60%
Loss Of Consciousness	22	2.70%
Anoxia/Hypoxia	16	2.00%
Otros	61	7.30%
	807	

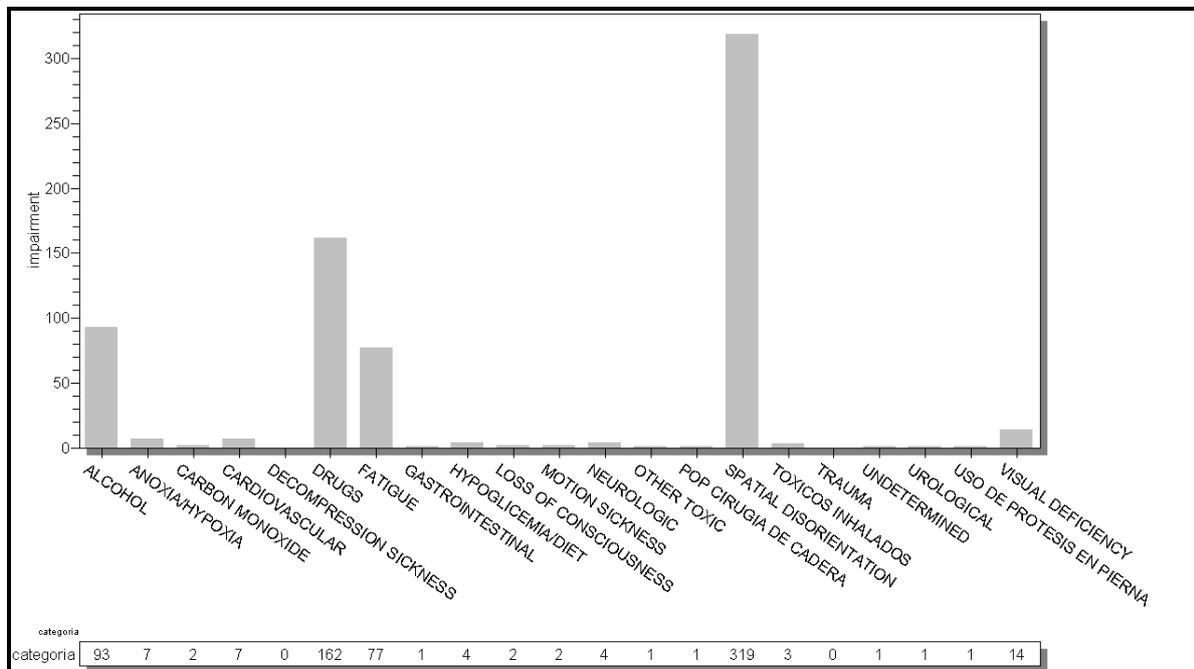


Sin embargo, se presenta una variación, cuando se toman los eventos que causaron incapacitación completa del tripulante piloto, y los que causaron incapacidad parcial. Es importante esta diferenciación, pues es la que tiene utilidad al momento de comparar con otros estudios realizados.

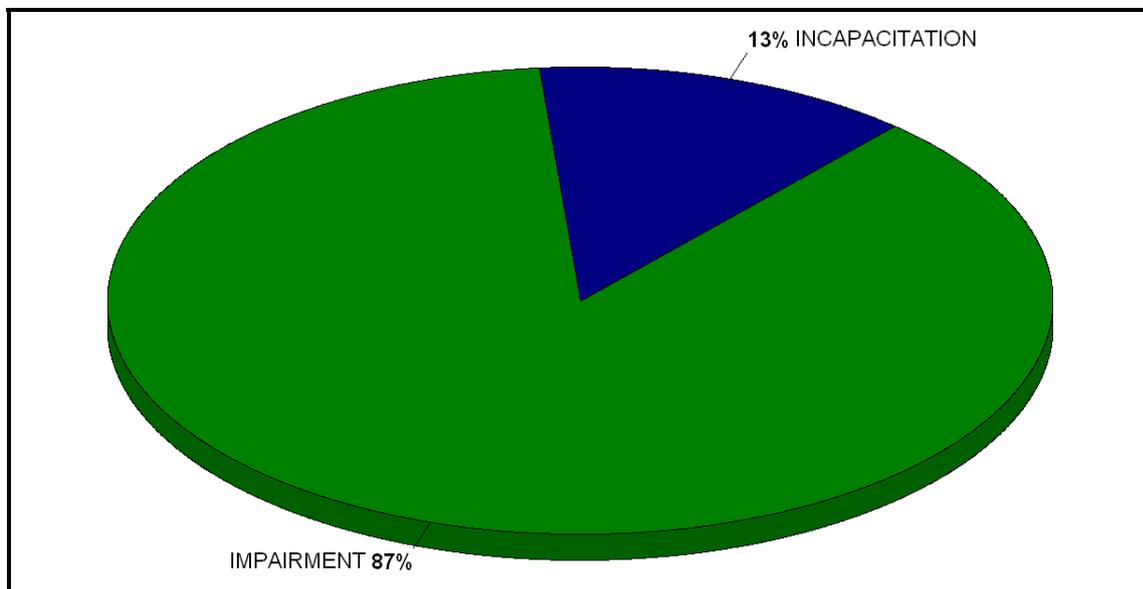
Los eventos médicos investigados por la NTSB, como causa de incapacitación total (En inglés incapacitation), las 4 primeras causas agrupadas fueron: cardiovascular, pérdida de la conciencia, intoxicación por monóxido de carbono, y eventos relacionados con anoxia/hipoxia.



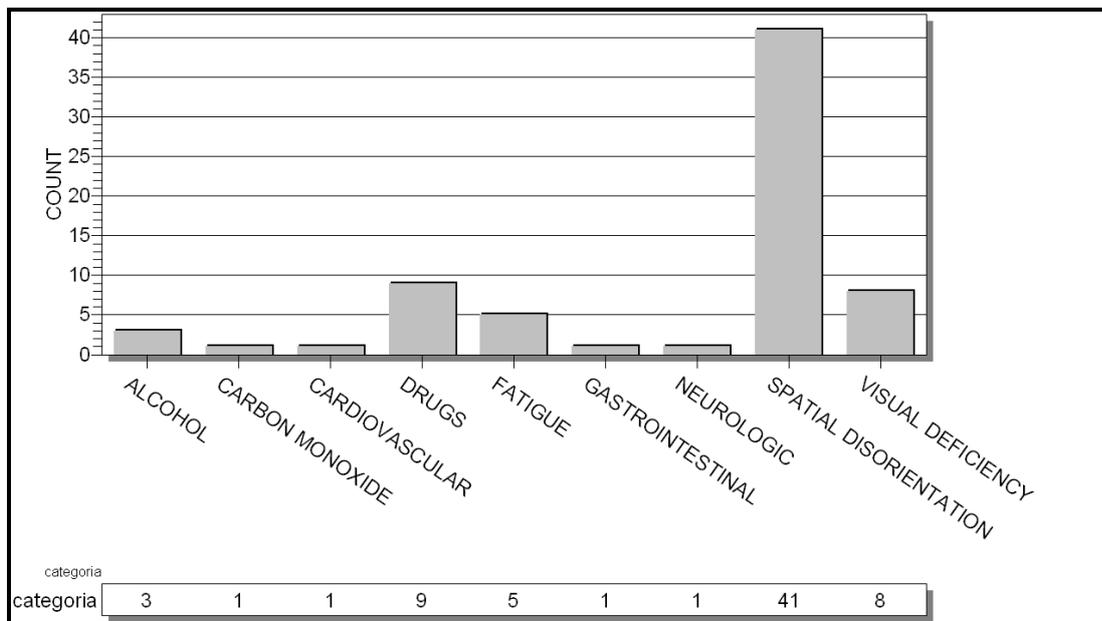
En el caso de los eventos que condujeron a incapacitación parcial del tripulante piloto (en ingles incapacitación parcial corresponde a "impairment"), las 4 primeras causas, fueron: desorientación espacial, efectos de drogas, alcohol y fatiga.



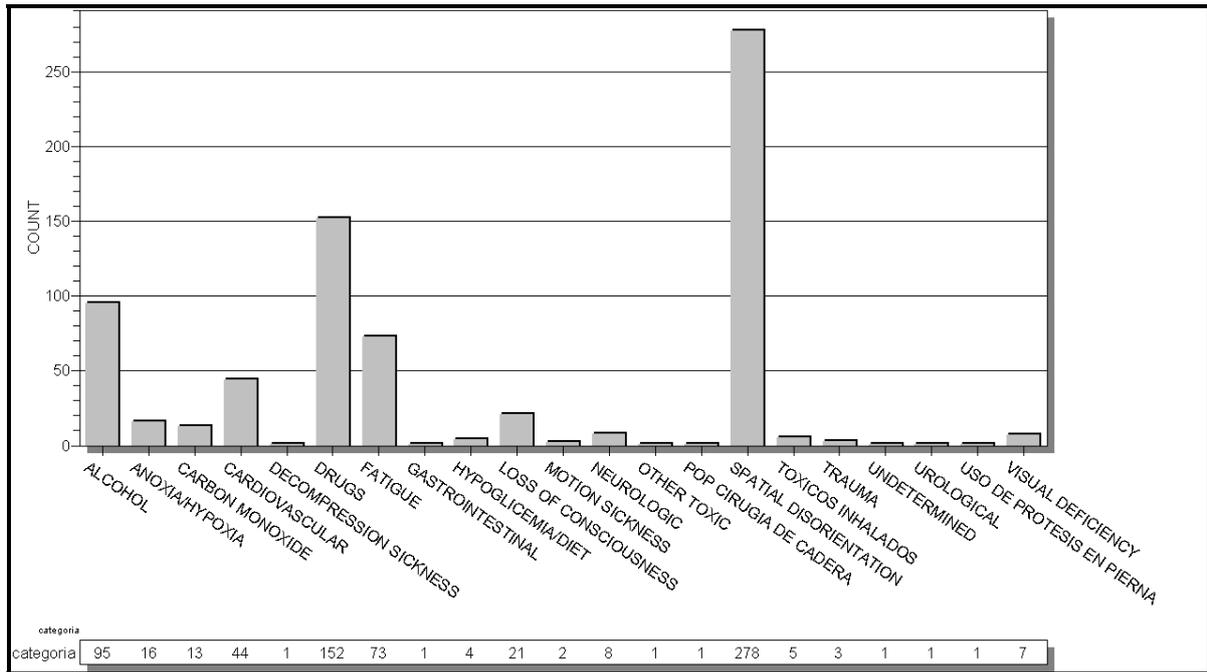
Al realizar la distribución según la clasificación generada por los investigadores de la NTSB, de los 807 eventos médicos encontrados, se observa que la mayoría, correspondiente al 87%, fueron eventos de incapacidad parcial INCAPACITACIÓN PARCIAL - (IMPAIRMENT), acorde a los hallazgos de estudios previos, y a los resultados que se pueden esperar cuando se estudia la causalidad de la accidentalidad aérea por eventos médicos, siendo compatible, con el hallazgo de eventos relacionados con desorientación espacial, consumo de drogas y alcohol, y fatiga, los cuales tuvieron una presentación insidiosa sin claras manifestaciones, y produjeron una incapacidad parcial en el tripulante.



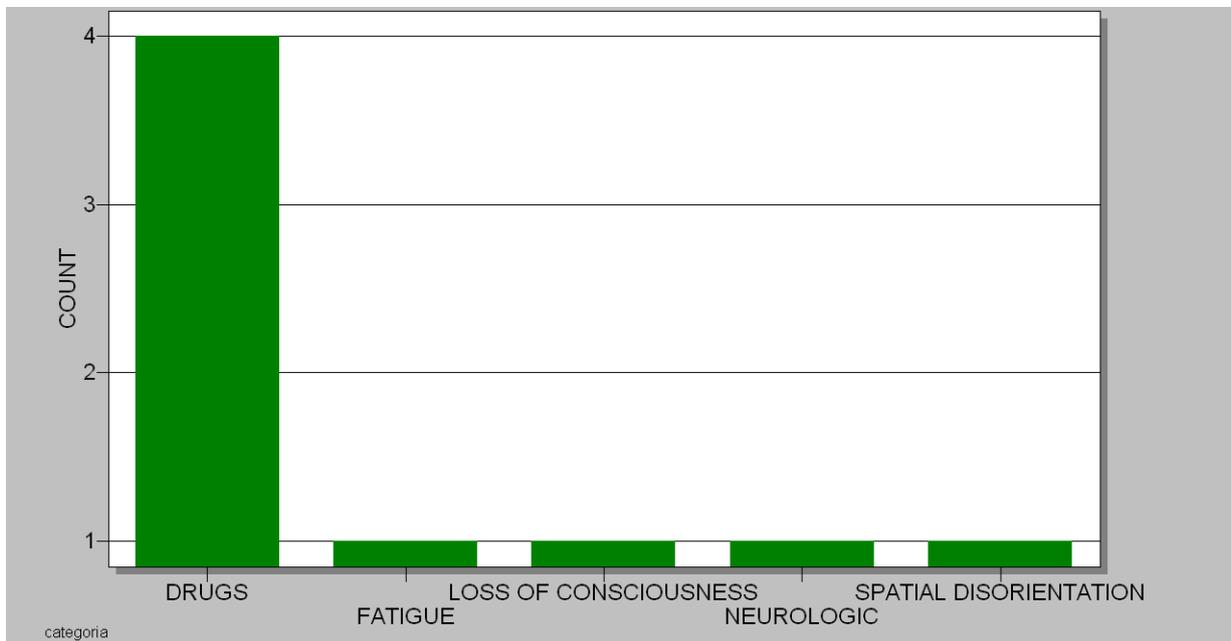
El estudio también permitió que se pudiera observar el comportamiento de la distribución de los eventos médicos según el tipo de aeronave. Como se observa en la siguiente gráfica, en tripulantes pilotos de helicóptero, se presentaron en su mayoría 58,6%, eventos relacionados con desorientación espacial. Otros factores involucrados fueron consumo de drogas, deficiencias visuales, y fatiga,



En los eventos investigados en los aviones – aeronaves de ala fija, los cuales fueron 728 eventos médicos, el principal factor involucrado sigue siendo la desorientación espacial con 278 casos, seguido de factores como el consumo de drogas, el alcohol y la fatiga.

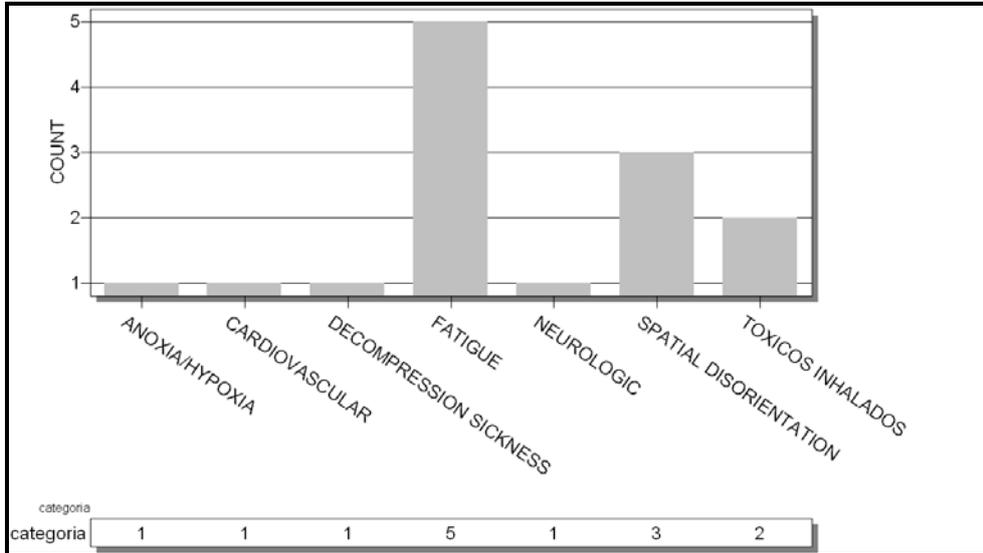


El consumo de drogas, fue la principal causa encontrada en los accidentes e incidentes presentados en aeroplanos.

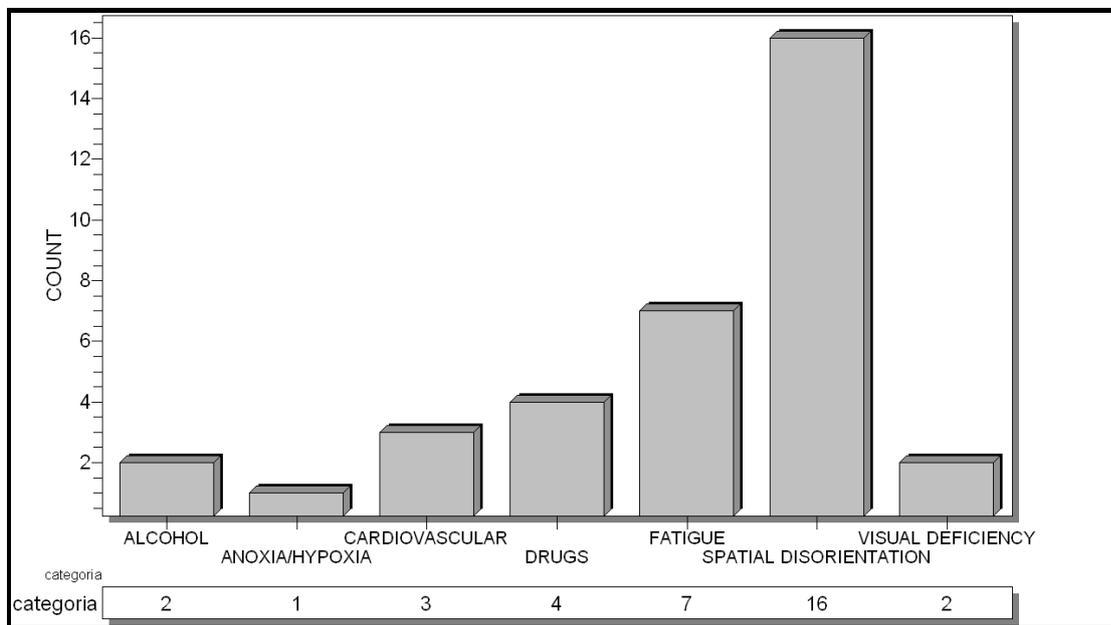
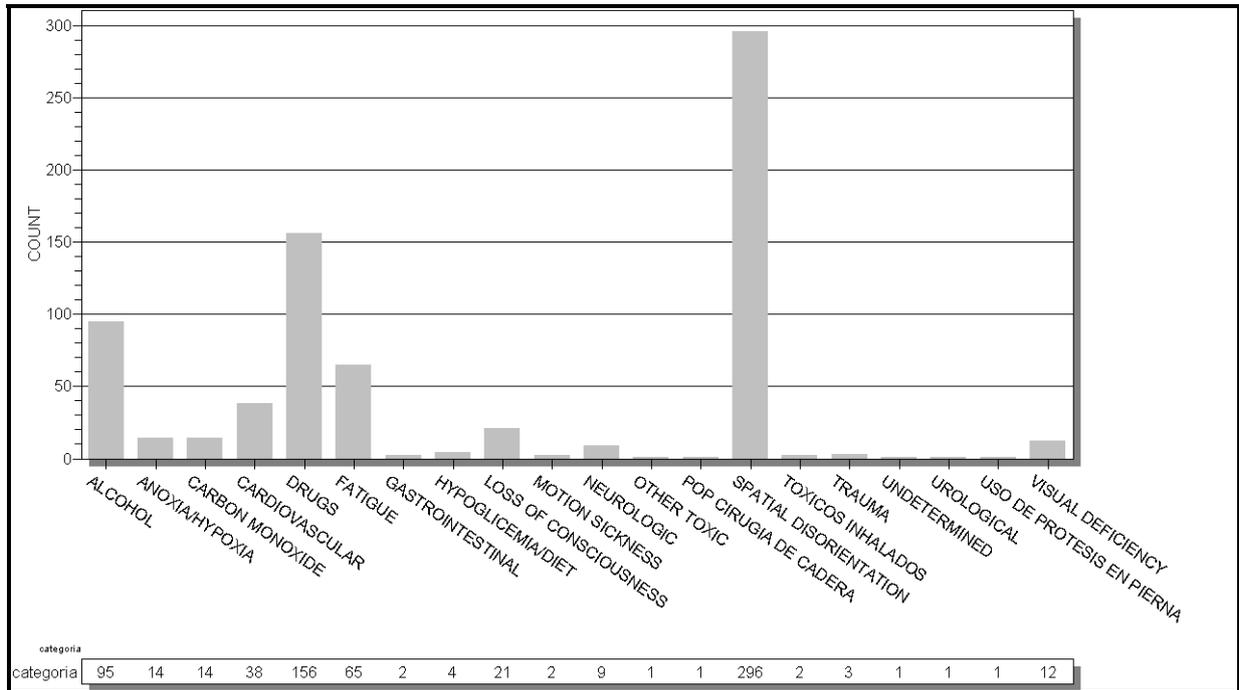


Como se mencionó anteriormente, una de las variables incluidas en el estudio, fue el tipo de operación. Al enfocarse en los eventos médicos que se presentaron en la

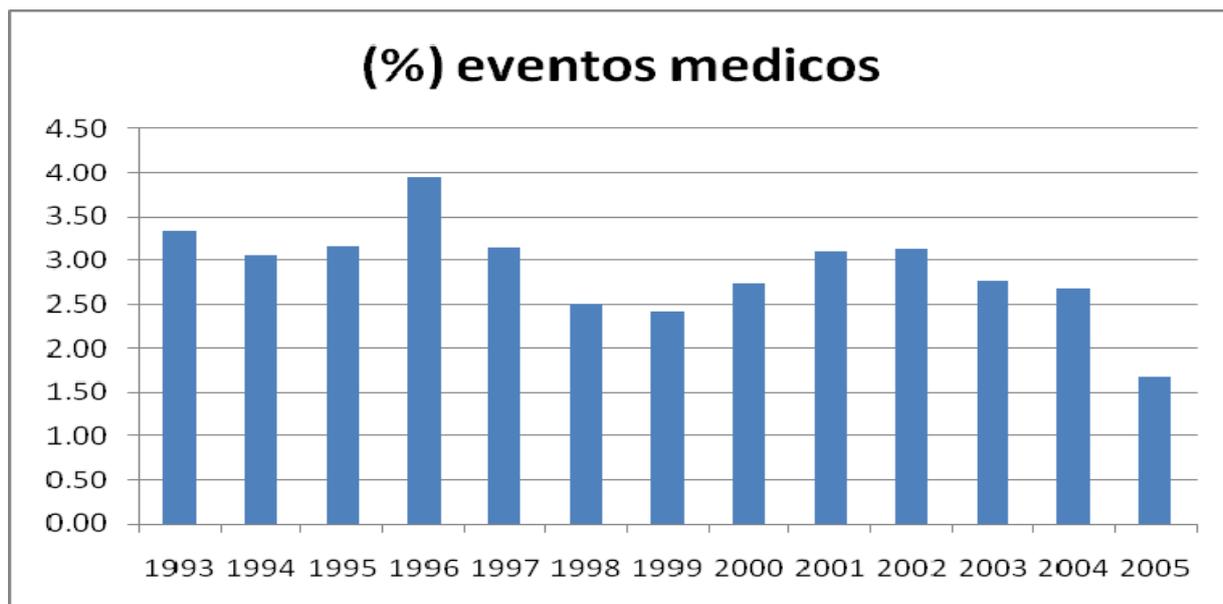
operación de línea aérea comercial, se observa que se presenta variación con la principal causa, siendo en forma interesante, la fatiga el principal factor, representando el 35,7%



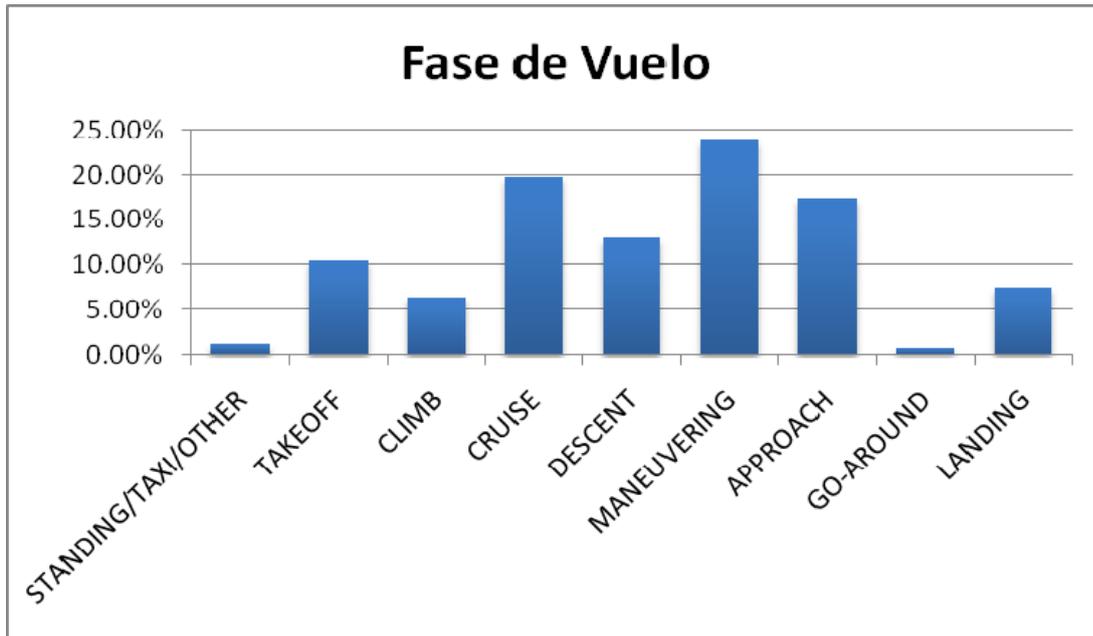
En la operación aérea privada y regional, agrupadas en la parte regulada por las FAR – federal aviation regulations, 91 y 135 respectivamente, se encontró que la mayoría de casos fueron debidos a desorientación espacial. Las siguientes dos gráficas, muestran la distribución, inicialmente para la aviación privada, seguida de la aviación regional y de taxi aéreo.



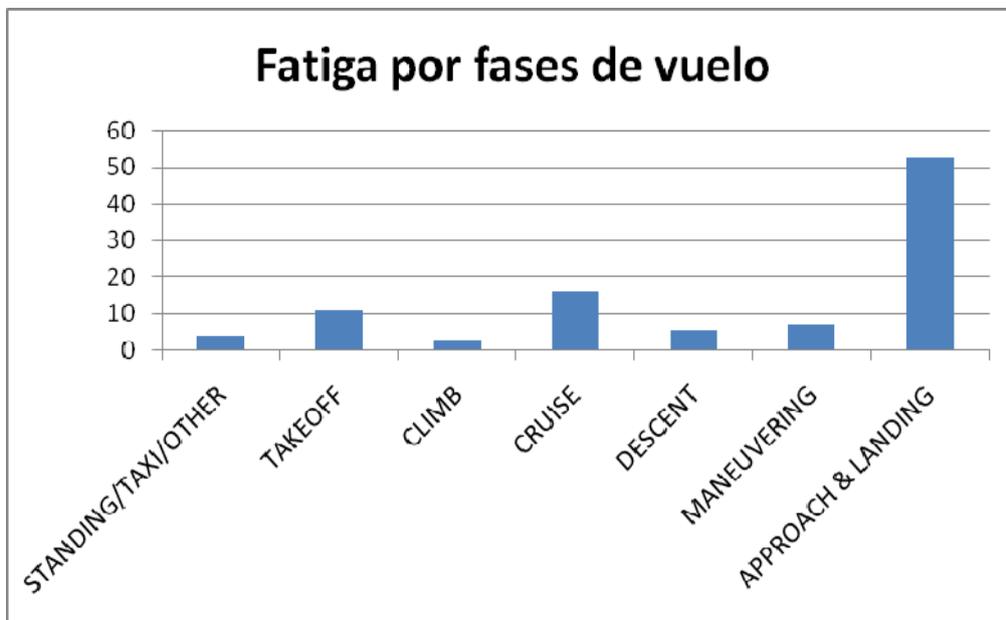
Durante cada año del estudio la NTSB, determino eventos médicos en los accidentes e incidentes de aviación ocurridos, el año en el cual se presentó la mayoría de eventos, fue en el año 1996, con 83 eventos de 2106 casos investigados por la NSTB, correspondiendo al 3.94%. El año en el cual se presentaron menos eventos médicos como factores de accidentes o incidentes fue en año 2005, con 31 eventos.



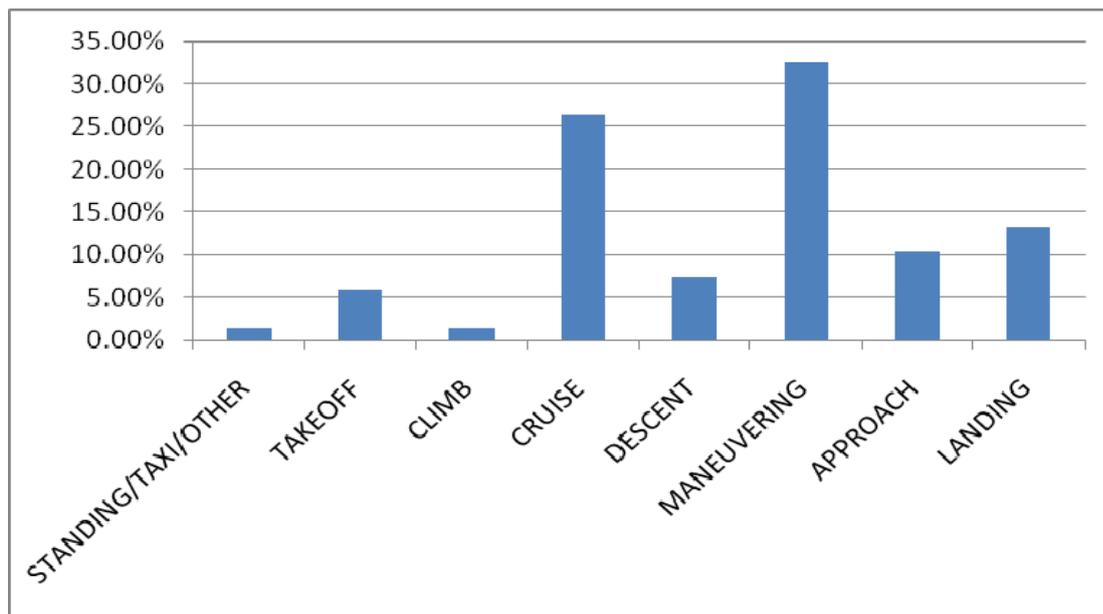
En forma adicional, también fue considerada la fase de vuelo como variable, observando como los eventos médicos, no siguen el patrón observado en la accidentalidad general incluyendo todas las causas, en los que se observa que la mayoría corresponde a las fases de despegue y aterrizaje. En el presente estudio, se encontró que las fases de vuelo donde se presentó la mayoría de eventos correspondió a las fases de crucero y maniobra (vuelo intencionalmente realizado a baja altura) lo cual es compatible, con perdida de la orientación debida a la instrumentación inadvertida de los tripulantes pilotos, y en el segundo caso a la fase de altas demandas físicas para los pilotos, como el vuelo a baja altura.



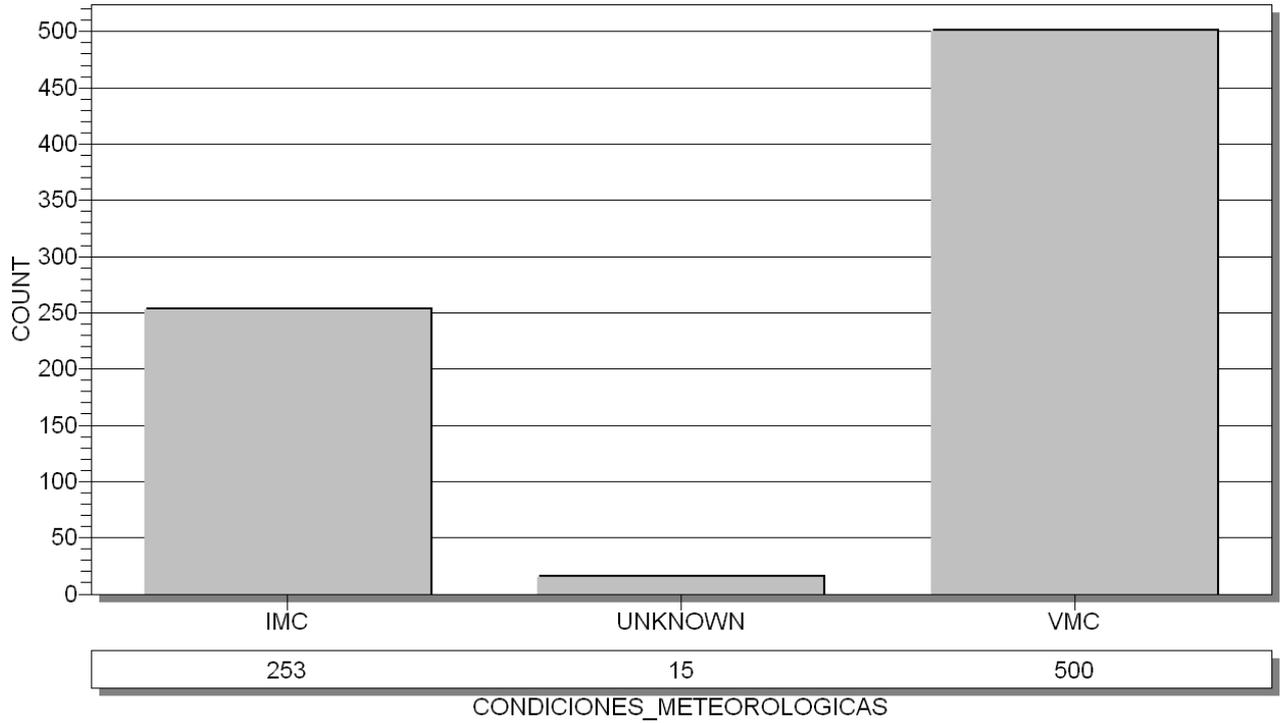
Los 74 eventos médicos que se presentaron como factor la fatiga en los tripulantes pilotos, se presentaron en su mayoría en las fases de aproximación y aterrizaje, siendo reconocido que en estas fases la necesidad de un alto rendimiento y óptima respuesta a estímulos son necesario para lograr la correcta culminación del vuelo.



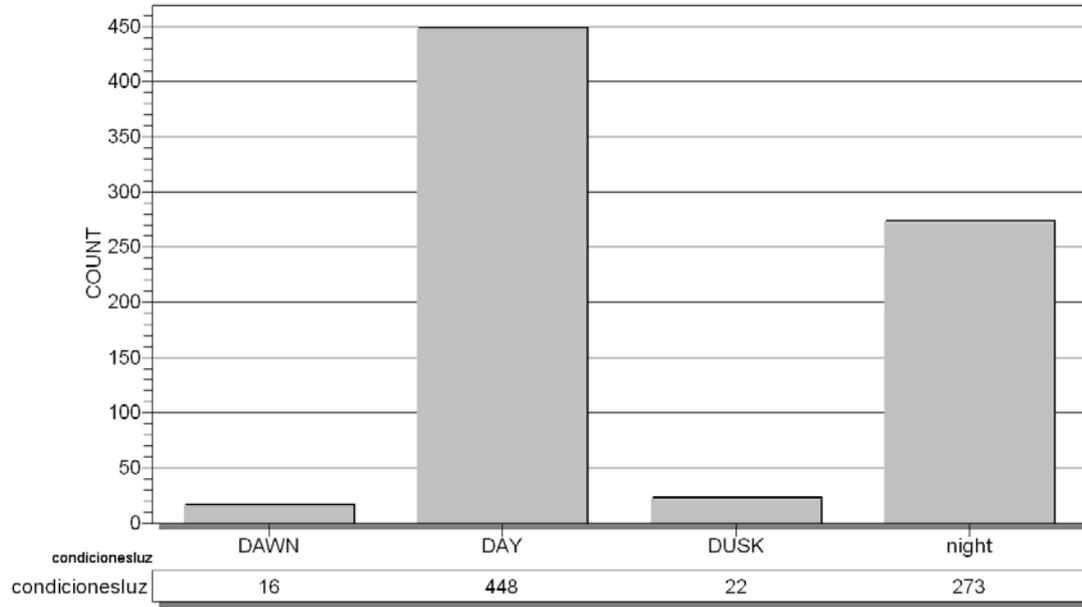
Al observar con énfasis la distribución de los eventos médicos en helicópteros, se evidencia, como la mayoría se presenta en fases donde se ha reconocido previamente la accidentalidad general por todas las causas en este tipo específico de aviación, a diferencia de la aviación en ala fija. La mayoría se presentaron en fase de crucero y maniobra (vuelo intencional a baja altura)



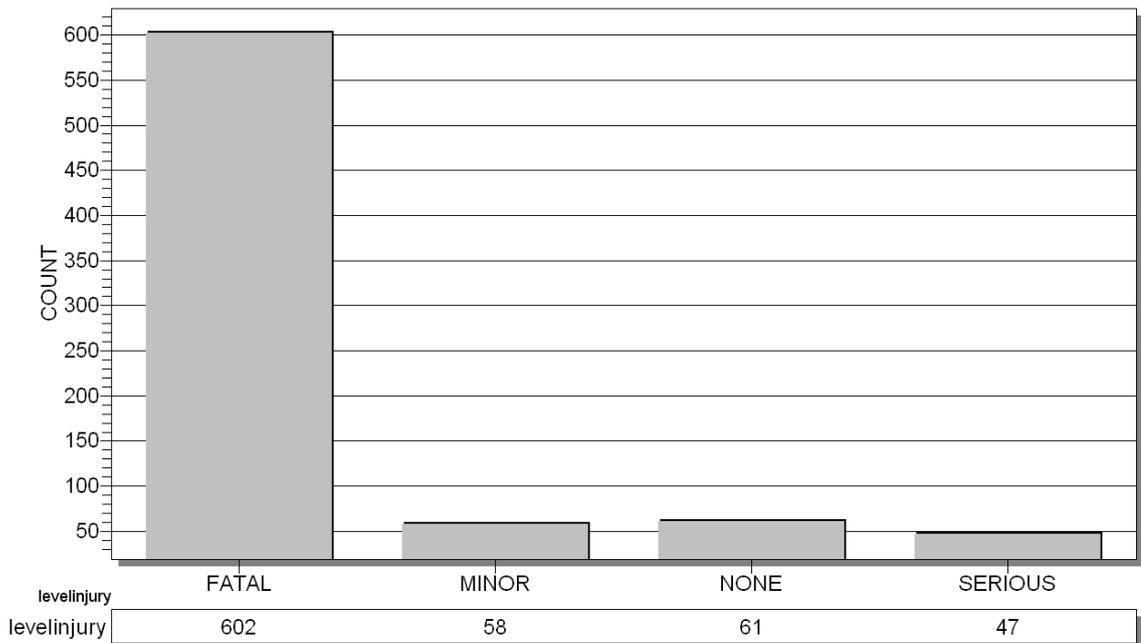
Según las condiciones meteorológicas reportadas al momento del evento investigado por la NTSB, la mayoría, correspondiendo al 65.1%, se presentó en VMC, condiciones de vuelo visual, siendo compatible con los eventos relacionados con desorientación espacial, donde el piloto viene recibiendo información de su orientación a través de claves externas a la cabina, como montañas y ríos, y súbitamente ingresa en áreas de nubosidad, donde se reduce la información proveniente visual, y se inicia la cadena de conflicto entre la información que recibe de su sistema vestibular, y la información que le presentan los instrumentos de vuelo.



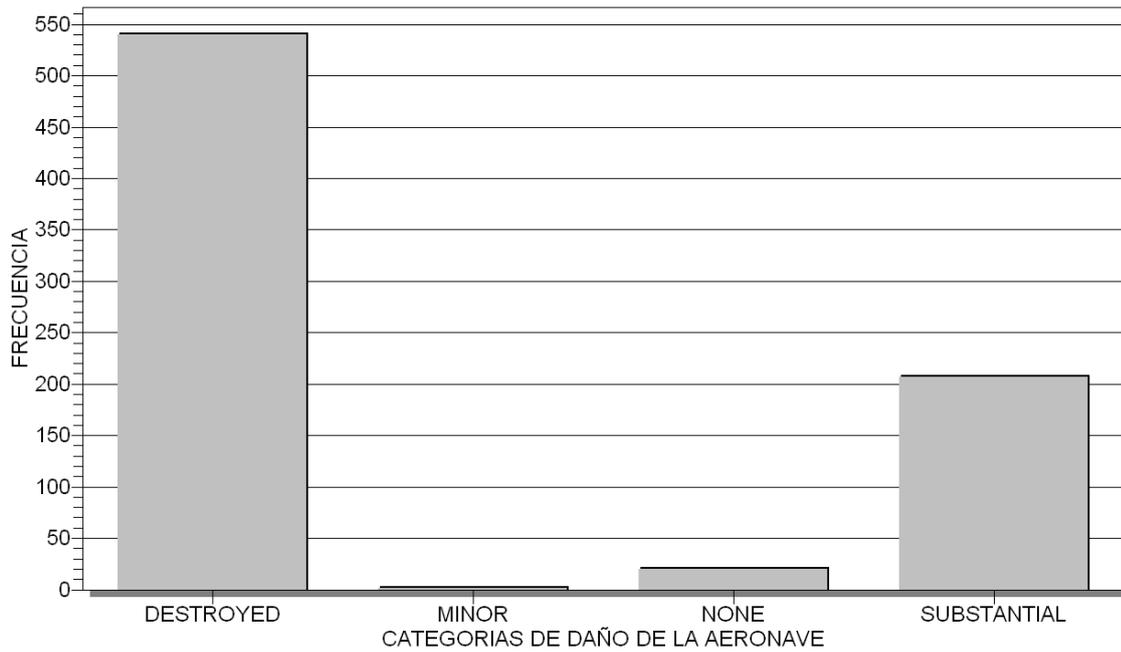
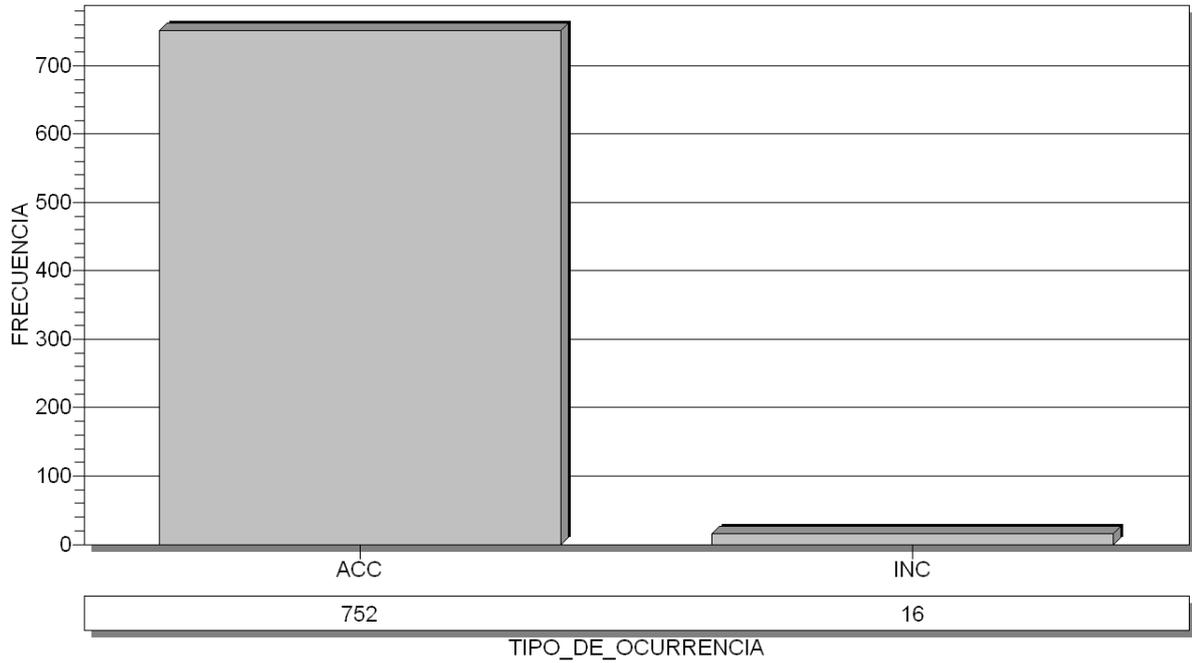
Información adicional también fue obtenida en relación a las condiciones de luz al momento de la presentación del evento médico, el grueso de casos se presentó en condiciones de luz en el día, correspondiendo al 59%, relacionado con los casos en su mayoría encontrados en la aviación privada, cuyos planes de vuelo son presentados para ejecutarse durante el día.



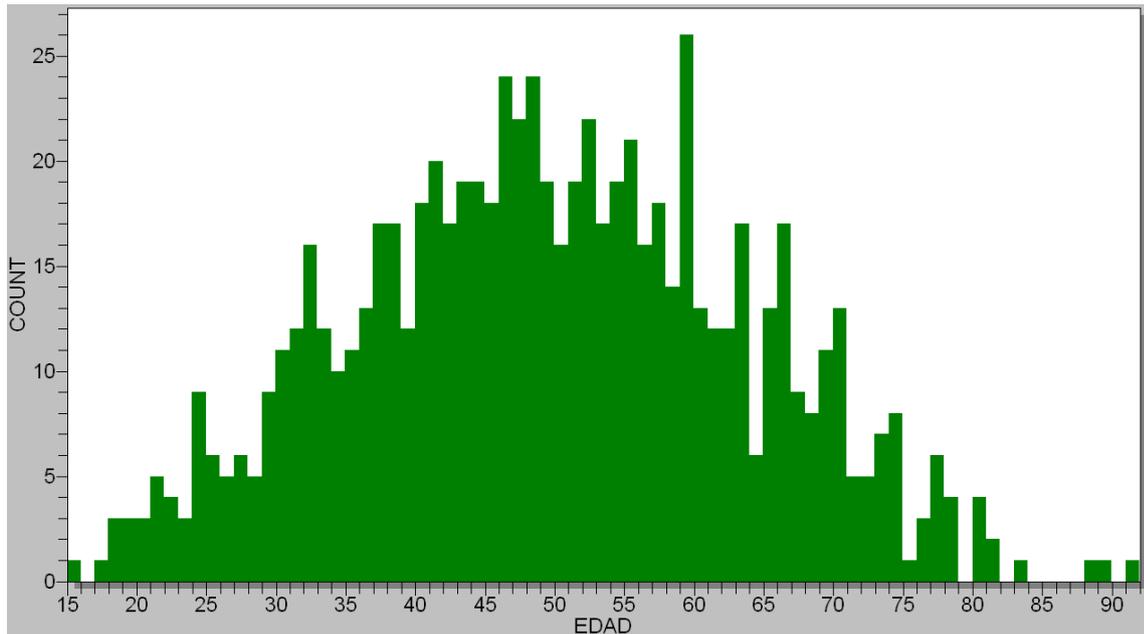
Según la clasificación del accidente o incidente, según el nivel de lesión de los ocupantes de las aeronaves, el resultado fatal fue observado en el 78,4%, siendo una cifra muy importante en el momento de difundir los riesgos de la presentación de una incapacitación súbita, especialmente en operaciones con un solo tripulante como piloto.



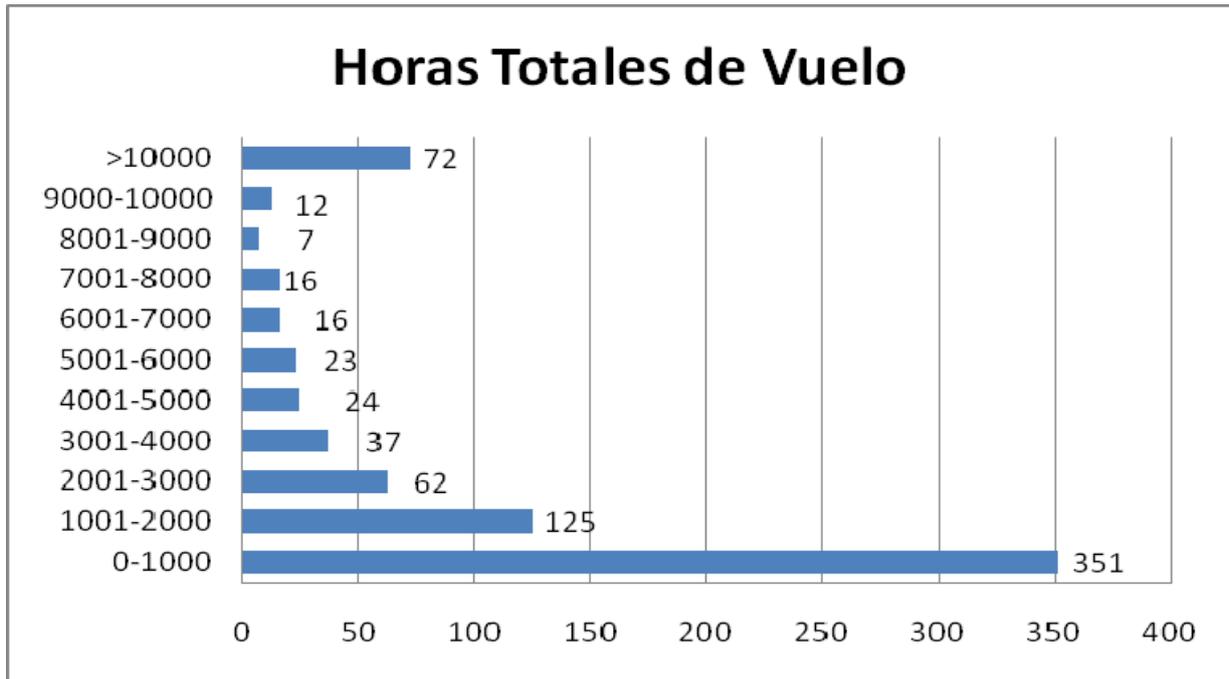
**Según la clasificación de la NTSB, del evento como accidente o incidente, la mayoría de casos correspondió a accidentes con 752 casos, mientras que los incidentes fueron 16 casos únicamente. Lo anterior es compatible con los hallazgos de fatalidad como nivel de lesión más frecuentemente encontrado y con la destrucción de la aeronave, esta última se presentó en el 70,3% de los casos. Lo anterior se puede observar en las siguientes dos gráficas.**



En el siguiente histograma se puede observar la frecuencia por edades, de la presentación de los eventos médicos, teniendo como media 49.2 años.



En la siguiente gráfica se puede observar la distribución tradicional que presentan los accidentes aéreos según las horas de vuelo de los tripulantes. Este estudio reitera el énfasis de la prevención y entrenamiento en los tripulantes entre 0 y 1000 horas, y entre los que tienen más de 10.000 horas de vuelo.



- **La NTSB no reportó horas totales de vuelo del piloto en 23 eventos accidente - incidente**

Las asociaciones más relevantes del presente estudio, corresponden a la presentación de un evento que causa incapacitación parcial – Incapacitación parcial - (impairment), y el resultado de la cadena de eventos en un accidente según la clasificación de la NTSB. El OR, para esta asociación fue de 9.3

	Point Estimate	95% Confidence Interval	
		Lower	Upper
<b>PARAMETERS: Odds-based</b>			
<b>Odds Ratio</b>	9.3080	3.3883	25.5699 (T)

El OR, entre los eventos relacionados con desorientación espacial y fatalidad, fue de 2.1, demostrando esta mortal relación entre estas dos variables, y las consecuencias que puede tener la falta de consideración del piloto y su creencia en los instrumentos de vuelo.

	Point Estimate	95% Confidence Interval	
		Lower	Upper

<b>PARAMETERS: Odds-based</b>			
<b>Odds Ratio (cross product)</b>	2.1326	1.4707	3.0922 (T)

El consumo de drogas y el resultado fatal del evento, también se encontró con una asociación significativa, con un OR de 6,09, nuevamente señalando el riesgo del efecto de sustancias sobre el rendimiento y la aptitud psicofísica del piloto en vuelo.

	<b>Point</b>	<b>95% Confidence Interval</b>	
	Estimate	Lower	Upper
<b>PARAMETERS: Odds-based</b>			
<b>Odds Ratio (cross product)</b>	6.0964	3.0436	12.2111 (T)

Los eventos cardiovasculares, factor de gran importancia en el rol del medico aeroespacial en los procesos de certificación, así como en las medidas de prevención y detección temprana en su población objeto, mostró un OR de 6,3.

	<b>Point</b>	<b>95% Confidence Interval</b>	
	Estimate	Lower	Upper
<b>PARAMETERS: Odds-based</b>			
<b>Odds Ratio (cross product)</b>	6.3149	1.5144	26.3326 (T)

Una asociación que se fue observando en el desarrollo del estudio, teniendo como base también los reportes de los mismo pilotos, fue el vuelo en helicóptero, y la probabilidad de presentar desorientación espacial. El vuelo en esta aeronave, hacer particularmente susceptible al tripulante a presentar los efectos de la desorientación espacial.

	<b>Point</b>	<b>95% Confidence Interval</b>	
	Estimate	Lower	Upper
<b>PARAMETERS: Odds-based</b>			
<b>Odds Ratio (cross product)</b>	2.3343	1.4182	3.8422 (T)

Una de las asociaciones mas destacadas, con un OR muy alto, fue la encontrada entre los eventos cardiovasculares y la presentación de una incapacitación total del piloto.

Esta incapacitación, genera al piloto la imposibilidad de mantener la interacción con su aeronave y control.

	Point	95% Confidence Interval	
	Estimate	Lower	Upper
<b>PARAMETERS: Odds-based</b>			
<b>Odds Ratio (cross product)</b>	56.3113	24.2071	130.9933 (T)

La fase de crucero también mostró una asociación con los eventos de desorientación, reafirmando la naturaleza de la presentación de la desorientación espacial.

### Single Table Analysis

	Point	95% Confidence Interval	
	Estimate	Lower	Upper
<b>PARAMETERS: Odds-based</b>			
<b>Odds Ratio (cross product)</b>	1.5670	1.0918	2.2490 (T)

La afectación del tripulante por los efectos del alcohol y las drogas, también presentó una asociación significativa, siendo compatible con el requerimiento exigido en atención, respuesta rápida a estímulos, procesamiento y toma de decisiones de los tripulantes de aeronaves.

	Point	95% Confidence Interval	
	Estimate	Lower	Upper
<b>PARAMETERS: Odds-based</b>			
<b>Odds Ratio (cross product)</b>	3.8442	2.7298	5.4135 (T)

El vuelo por instrumentos, representa un riesgo de desorientación espacial, entre otros motivos porque el piloto desconfía de la información suministrada por los instrumentos de vuelo. La asociación entre esta dos variables fue alta y destacable.

	Point	95% Confidence Interval	
	Estimate	Lower	Upper
<b>PARAMETERS: Odds-based</b>			
<b>Odds Ratio (cross product)</b>	10.7906	7.6201	15.2801 (T)

Los individuos cuya edad fue mas 50 años, en el presente estudio, presentaron una asociación con un OR de 4.09, con la incapacitación debida a eventos cardiovasculares.

	<b>Point</b>	<b>95% Confidence Interval</b>	
	Estimate	Lower	Upper
<b>PARAMETERS: Odds-based</b>			
<b>Odds Ratio (cross product)</b>	4.0991	1.9995	8.4032 (T)

Así mismo se presentó una asociación entre los tripulantes pilotos mayores de 60 años, y el desenlace fatal y la presentación de una incapacitación total, según se puede observar en las siguientes tablas en forma respectiva.

	<b>Point</b>	<b>95% Confidence Interval</b>	
	Estimate	Lower	Upper
<b>PARAMETERS: Odds-based</b>			
<b>Odds Ratio (cross product)</b>	1.5817	1.0177	2.4583 (T)

	<b>Point</b>	<b>95% Confidence Interval</b>	
	Estimate	Lower	Upper
<b>PARAMETERS: Odds-based</b>			
<b>Odds Ratio (cross product)</b>	2.6783	1.7308	4.1444 (T)

## **DISCUSION**

### **NUMERO DE EVENTOS POR AÑO.**

En el estudio del Dr. DeJohn, se encontraron 39 eventos de incapacitación, y 11 eventos de incapacitación parcial entre 1993 y 1998 (6 años de revisión) en vuelos de aerolínea en los Estados Unidos, refiriendo que los hallazgos de un aumento en el numero de incapacitaciones totales con relación a incapacitaciones parciales, se debía a falta de reportes en todos los eventos de incapacitación.

### **FRECUENCIA DE HORAS DE VUELO Y TASA DE ACCIDENTES**

El estudio del Dr. Dejohn (8), señala una tasa de eventos de incapacitación de 0,045 por 100.000 y una tasa de 0,012 eventos de incapacitación parcial por 100.000 horas de vuelo. Combinado los dos eventos de incapacitación parcial y total, el Dr. DeJohn, reportó una tasa de 0,059 por cada 100.000 hora de vuelo. En el estudio realizado en pilotos e ingenieros de vuelo en Air france, se encontró una incidencia de incapacitación de 0,044 por 100.000 horas de vuelo (12).

En el estudio realizado en la Fuerza Aérea Norteamericana, se revisaron los accidentes que se relacionaron con incapacitación o enfermedad preexistente entre 1978 y 1987 encontrando una tasa de eventos con incapacitación de 0,019 por cada 100.000 horas, siendo probablemente menor la tasa encontrada en este último estudio al incorporar pilotos jóvenes de acuerdo al perfil requerido en la aviación de una Fuerza Militar.

En nuestro estudio, se encontró que la tasa de eventos médicos fue de 0,132 por cada 100.000 horas de vuelo, tomando la información disponible en los reportes de la NTSB, de horas de vuelo, correspondientes a las partes 91, 121 y 135, sin tener disponibilidad de las horas volaras en la parte 135, agricultura. La tasa encontrada es mas de 2 veces mayor a la reportada en los estudios del Dr. Martin-Saint-Laurent y Dr. DeJohn, lo cual puede ser debido a la inclusión en nuestro estudio de eventos que no habían sido incluidos en otros estudios como la desorientación espacial, que es un evento que debe ser reportado teniendo en cuenta las acciones preventivas sobre este evento fisiológico que afecta las decisiones en vuelo del piloto. Así mismo nuestro estudio se extendió a la verificación de todos los accidentes e incidentes investigados por la NSTB, que incluye todos los tipos de operación, con una gran participación en nuestro estudio de la aviación regulada por la parte 91 de las FAR.

### **NUMERO DE ACCIDENTES DEBIDOS A INCAPACITACIONES TOTALES O PARCIALES**

Dos accidentes del estudio en Aerolíneas en Estados Unidos (8), resultaron por incapacidad parcial del piloto, mientras que los eventos asociados a incapacidad total no se vieron asociados con accidentes. En nuestro estudio se presentaron 105 eventos con incapacidad total, y 702 eventos con incapacidad parcial, y se encontró una asociación con un OR de 9,3 con un intervalo de confianza de 3,3 a 25,5, entre la presentación de eventos médicos con incapacidad parcial y los eventos calificados como accidentes. Estos resultados probablemente son debidos a la naturaleza de presentación de los eventos de incapacidad parcial, en forma insidiosa, que pudieron haber llevado a la falsa creencia del piloto afectado de poder continuar y terminar con el vuelo programado. Por otro lado, la presentación de incapacidad total, y declaración de emergencia, puede llevar a un mayor alertamiento del resto de la tripulación, de los servicios de control de tráfico aéreo y del personal de rescate y emergencias en tierra, para evitar un accidente. Nuestros hallazgos señalan que una incapacidad parcial que puede pasar inadvertida sin causar alertamiento de la tripulación y la ejecución de acciones correctivas es mucho más peligrosa y obvia que una incapacidad completa.

Un reciente reporte señala que la Autoridad de aviación civil Británica encontró 39 eventos de incapacidad en el 2008 y 32 durante el 2009, en incidentes de aviación, los cuales se debían a intoxicación alimentaria, náusea y síncope.

## **PROBABILIDAD DE ACCIDENTE DEBIDO A INCAPACITACION TOTAL O PARCIAL**

La literatura en medicina aeroespacial, clásicamente a referido una probabilidad del 1% o menos, de un evento de incapacidad derive en un accidente. Sin embargo en nuestro estudio recopilando 768 accidentes o incidentes de aviación, en los que la NTSB señaló como causa o factor del evento a una incapacidad parcial o total del piloto, se encuentra que en 768 el evento fue clasificado como un accidente por la NTSB, relacionado este valor, con los 26.343 accidentes investigados por la NTSB en los 13 años de nuestro estudio, se revela una probabilidad del 2,85%. Esta probabilidad de presentación de un accidente por eventos médicos, es mayor en nuestro estudio, probablemente debido a la inclusión de todos los tipos de operación, y de códigos relacionados con eventos como la desorientación espacial que no habían sido incluidos en estudios previos.

Estas cifras, también han sido expresadas en proporción de eventos médicos en vuelo que fueron involucrados en accidentes. En un estudio publicado en 1971, se encontró una probabilidad de 5/68 o 0,074. En el estudio del DR. DeJohn, se reportó una probabilidad de 2/50 o 0,04, mientras que en nuestro estudio la probabilidad es de 752/768 o 0,979; siendo muy importante la diferencia, siendo probable la participación

de eventos en nuestro estudio como los relacionados con consumo de sustancias psicoactivas y desorientación espacial, que tuvieron una gran participación en el resultado final de un accidente. Así mismo nuestra probabilidad es mayor, por la gran participación en los eventos estudiados por la aviación general, en los que no se cuenta con un segundo piloto, o miembro de tripulación que tomara acción, ante la presentación de un evento médico en vuelo, ya sea por la falta de este como en vuelos de carácter personal, o en vuelos de instrucción donde la segunda persona, no tenía la suficiente experticia para el pilotaje de la aeronave.

## **DISTRIBUCIÓN POR EDAD**

Ha sido motivo de controversia en años anteriores la regla de los 60 años. El Civil Aerospace Medical Institute, realizó un estudio al respecto, publicado en el 2003 (14) encontró una forma de “u” en la distribución, con una disminución en los accidentes con el aumento de la edad, seguido por una aumento leve en los grupos de mayor edad. En nuestro estudio la distribución fue más uniforme sobre el promedio de edad de los casos incluidos (49.2 años), sin embargo se encontró una asociación con un OR de 1.58 con un intervalo de confianza válido, entre los pilotos con una edad mayor o igual a 60 años, y un resultado fatal en el accidente. También se encontró una asociación entre la edad mayor de 60 años y los eventos de incapacitación total del piloto, que en su mayoría son relacionados con eventos cardiovasculares, con un OR de 2,67.

## **CATEGORIAS DE EVENTOS MEDICOS EN VUELO**

En nuestro estudio se encontró que la desorientación espacial, fue la principal causa de eventos médicos, representando el 39,7% de los casos. Al separar las categorías en los grupos de incapacitación total e incapacitación parcial, se encuentra correspondencia con los resultados de otros estudios en relación a las principales categorías encontradas como fueron los eventos cardiovasculares y la pérdida de conciencia, los cuales en nuestro estudio correspondieron al 36% y 19% respectivamente. En los eventos que causaron incapacitación parcial de los pilotos, nuestro estudio tiene discrepancias con los resultados encontrados con el Dr. DeJohn, probablemente debido a la inclusión de los accidentes relacionados con desorientación espacial, categoría que no fue incluida en el estudio en pilotos de aerolínea. Así mismo la alta frecuencia encontrada de eventos relacionados con consumo de alcohol y drogas, ante las investigaciones incluidas en nuestro estudio de aviación personal, donde probablemente existen menos controles con relación a la aviación comercial.

## **FATALIDAD EN LOS EVENTOS MEDICOS**

Nuestro estudio contrasta con los estudios realizados previamente, encontrando una alta frecuencia de accidentes e incidentes que fueron fatales, representando 602 casos, 78,4% de los accidentes estudiados.

Según Buley (10) Casi la mitad de incapacitaciones denunciadas ocurrieron en la fase en crucero del vuelo, acorde al presente estudio que mostró una mayor frecuencia de eventos médicos en fases que contrastan con lo reportado al considerar todas las causas de accidentes aéreos.

## CONCLUSIONES

La mayoría de accidentes fueron debidos a desorientación espacial, por lo cual, se debe colocar mas énfasis en la instrucción en fisiología humana aplicada a la aviación en especial en órganos de los sentidos.

El consumo de medicamentos formulados y drogas ilícitas representa un riesgo para el rendimiento del tripulante, se requieren controles periódicos de estas sustancias.

El estudio actual es la más grande recopilación de eventos médicos en aviación de los Estados Unidos. A pesar que los datos provienen de otro país, los riesgos de los eventos médicos se presentan a nivel mundial, contar con una base de datos bien documentada, permite ofrecer resultados como los relacionados en el presente estudio, que guían al investigador y educador en el campo de la medicina aeronáutica.

Los eventos médicos presentan una asociación significativa con la presentación de un accidente, por lo cual todas las medidas en la cadena de eventos que pueda ser susceptible de prevención y detección, debe ser emprendida bajo el objetivo de evitar este tipo de desenlaces.

## **ABREVIATURAS**

OACI: Organización de Aviación Civil Internacional.

hPa:

mb:

FAR: Federal Aviation Regulation.

## **DEFINICIONES**

**CALIFICACIÓN (RATING):** La autorización incorporada o asociada a una licencia, señalando condiciones especiales, atribuciones o restricciones relacionadas con dicha licencia.

**ACCIDENTE FATAL:** es un accidente en el que una o más personas son fatalmente heridos como consecuencia de hallarse en la aeronave, o ser golpeado por una aeronave o sus partes.

## REFERENCIAS

- (1). International Civil Aviation Organization. Documento 8984-AN/895. Manual Of Civil Aviation Medicine. Montreal. 2008. p. 51-59.
- (2). International Civil Aviation Organization. Anexo 1 Licencias de personal. 10 ed. 1996. Montreal. p. 15-16.
- (3) International Civil Aviation Organization. Anexo 2. Reglamento del Aire. 10 ed. 2005. Montreal. p. 19-21.
- (4) Chapman P J C. The consequences of in-flight incapacitation in civil aviation. Aviat. Space Environ. Med. 1984; 55:497-500.
- (5) Heart attack kills pilot during flight - National Airlines/Airport | Examiner.com [Internet]. [cited 2010 Oct 14]; Available from: <http://www.examiner.com/airlines-airport-in-national/heart-attack-kills-pilot-during-flight?render=print>
- (6) 1.Flight Crew Training: Cockpit Resource Management (CRM) and Line-Oriented Flight Training (LOFT) - Buscar con Google [Internet]. [cited 2010 Oct 14]; Available from: [http://www.google.com.co/#hl=es&source=hp&biw=1280&bih=602&q=Flight+Crew+Training%3A+Cockpit+Resource+Management+\(CRM\)+and+Line-Oriented+Flight+Training+\(LOFT\)&aq=f&aqi=&aql=&oq=&gs\\_rfai=&fp=cc61c1e15f5db10b](http://www.google.com.co/#hl=es&source=hp&biw=1280&bih=602&q=Flight+Crew+Training%3A+Cockpit+Resource+Management+(CRM)+and+Line-Oriented+Flight+Training+(LOFT)&aq=f&aqi=&aql=&oq=&gs_rfai=&fp=cc61c1e15f5db10b)
- (7). Charles A. Dejohn, Alex M. Wolbrink, And Julie G. Larcher Dejohn Ca, Wolbrink Am, Larcher Jg. In-Flight Medical Incapacitation and Incapacitación parcial - (impairment) Of Airline Pilots. Aviat Space Environ Med 2006; 77:1077–9.
- (8). Dot/Faa/Am-04/16. In-Flight Medical Incapacitation And Incapacitación parcial - (impairment) Of U.S. Airline Pilots: 1993 To 1998 Charles A. Dejohn 1 Alex M. Wolbrink 2 Julie G. Larcher 1. Octubre 2004. Final Report.
- (9) RABOUTET, J., and P. RABOUTET. Sudden incapacity in flight of professional pilots in French civil aviation, 1948-1972. Aviat. Space Environ. Med. 46(1) :80-81, 1975.
- (10) BULEY, L. E. Incidence, causes and results o/ airline pilot incapacitation while on duty. Aerospace Med. 40(1 ) :64-70. 1969.

- (11) MCCORMICK TJ, LYONS TJ. Medical causes of in-flight incapacitation: USAF experience 1978-1987. *Aviat. Space Environ. Med.* 1991 ; 62:884-7.
- (12) MARTIN-SAINT-LAURENT A, LAVERNHE J, CASANO G, SIMKOFF A. Clinical aspects of inflight incapacitations in commercial aviation. *Aviat. Space Environ. Med.* 1990; 61:256-60.
- (13) LANE, J. C. Risk of in-flight incapacitation of airline pilots. *Aerospace Med.* 42(12) : 1319-1321, 1971
- (14) Broach D, Joseph, KM, Schroeder DJ. Pilot age and accident rates report 3: An analysis of professional air transport pilot accident rates by age. Oklahoma City, OK: Federal Aviation Administration, Civil Aerospace Medical Institute. 2003: OAM Research Task AAM-00-A-HRR-520.
- (15) Pilot Incapacitation. Transport of Canada. Disponible en: URL: <http://www.tc.gc.ca/eng/civilaviation/publications/tp11629-menu-5518.htm>.
- (16) RESOLUCIÓN NÚMERO 2260 DE 2007. 03 DE DICIEMBRE DE 2007. Por la cual se aprueba el “REGLAMENTO REGLAS DE VUELO PARA EL EJÉRCITO”
- (17) Davis JR, Johnson R, Stepanek J, Fogarty JA. *Fundamentals of Aerospace medicine*. 4th Edition. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2008.
- (18) Booze C Jr. Sudden in-flight incapacitation in general aviation. *Aviat Space Environ Med* 1989;59:278-281.
- (19) ARTEAGA-ARREDONDO, Luis F and FAJARDO-RODRIGUEZ, Hugo A. Cardiovascular risk factor prevalence in civil aviation pilots in Colombia during 2005. *Rev. salud pública*, Mar./Apr. 2010, vol.12, no.2, p.250-256. ISSN 0124-0064.
- (20) Rainford DJ, Grandwell DP, Ernsting`s *Aviation Medicine*. 4<sup>th</sup> Edition. Edward Arnold Ltd. 2006. p. 552-559.
- (21) Bennett G. Pilot Incapacitation and aircraft accidents. *European Heart Journal* 1988; 9 (suppl.A), 21–4.
- (22) Evans AD. Presentation: in-flight incapacitation in United Kingdom public transport operations: incidences and causes 1990-1999. *Aviat Space Environ Med.* 2002; 73:242.

- (23) Cheung B, Money K, Wright H, et al. Spatial disorientation implicated accidents in Canadian Forces, 1982 – 1995. *Aviat Space Environ Med* 1995; 66(6): 579-585.
- (24) Singh B, Navathe PD. Indian Air Force and world spatial disorientation accidents: a comparison. *Aviat Space Environ Med* 1994; 65(3): 254-256.
- (25) Stuart J. Mitchell And Anthony D. Evans Mitchell Sj, Evans Ad. Flight Safety And Medical Incapacitation Risk Of Airline Pilots. *Aviat Space Environ Med* 2004; 75:260–8. From The United Kingdom Civil Aviation Authority, Gatwick Airport, West Sussex, Uk.
- (26) Drug Usage In Pilots Involved In Aviation Accidents Compared With Drug Usage In The General Population: From 1990 To 2005 Sabra R. Botch Robert D. Johnson. Civil Aerospace Medical Institute Oklahoma City, Ok 73125 April 2008 Final Report Dot/Faa/Am-08/10 Office Of Aerospace Medicine.
- (27) Us Army Medical Department Journal. Coronary Artery Disease And In-Flight Incapacitation. Jul/Sept/2000.
- (28). Aircraft Mishap Investigation With Radiology-Assisted Autopsy: Helicopter Crash With Control Injury Authors: Folio, Les R.; Harcke, H. Theodore; Luzzi, Scott A. *Aviation, Space, And Environmental Medicine*, Volume 80, Number 4, April 2009 ,Pp. 400-404(5) Publisher: Aerospace Medical Association
- (29). Civilian Helicopter Accidents Into Water: Analysis Of 46 Cases, 1979-2006 Authors: Brooks, Christopher James; Macdonald, Conor Vaughan; Donati, Leo; Taber, Michael John Source: *Aviation, Space, And Environmental Medicine*, Volume 79, Number 10, October 2008 , Pp. 935-940(6) Publisher: Aerospace Medical Association
- (30). In-Flight Barodontalgia: Analysis Of 29 Cases In Military Aircrew Authors: Zadik, Yehuda; Chapnik, Lea; Goldstein, Liav Source: *Aviation, Space, And Environmental Medicine*, Volume 78, Number 6, June 2007 , Pp. 593-596(4) Publisher: Aerospace Medical Association
- (31). Analysis Of Injuries Among Pilots Killed In Fatal Helicopter Accidents Authors: Taneja, Narinder; Wiegmann, Douglas A. Source: *Aviation, Space, And Environmental Medicine*, Volume 74, Number 4, April 2003 , Pp. 337-341(5) Publisher: Aerospace Medical Association

(32). Survey Of Spatial Disorientation In Military Pilots And Navigators Authors: Holmes, Sharon R.; Bunting, Alex; Brown, David Lex; Hiatt, Keith L.; Braithwaite, Malcolm G.; Harrigan, Michael J. Aviation, Space, And Environmental Medicine, Volume 74, Number 9, September 2003 , Pp. 957-965(9) Publisher: Aerospace Medical Association