



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SEDE BOGOTÁ

“CARACTERIZAR LA PRESENCIA DE FATIGA EN UNA AEROLINEA COLOMBIANA ENTRE JULIO Y SEPTIEMBRE DE 2013”

José Felipe Vásquez Moquillaza

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Medicina

Departamento de Medicina Interna

Medicina Aeroespacial

Bogotá D.C.

2014

“CARACTERIZAR LA PRESENCIA DE FATIGA EN UNA AEROLINEA COLOMBIANA ENTRE JULIO Y SEPTIEMBRE DE 2013”

José Felipe Vásquez Moquillaza

Trabajo de Grado presentado para optar para el título de:

Especialista en Medicina Aeroespacial

Director (a):

Franklin E. Escobar Córdoba MD, MPF, PhD.

Universidad Nacional de Colombia

Facultad Medicina

Departamento de Medicina Interna

Medicina Aeroespacial

Bogotá, D.C

2014

Dedicatoria

A mis padres y hermana por su apoyo incondicional y ser la fuerza quienes me impulsaron a lo lejos pero lo lograron más que estando cerca.

A mi nueva familia, aquí en Bogotá, que me recibieron, acompañaron y guiaron, lograron llevarme de la mano o dejarme ser en algún momento su guía, lo cual da más admiración de mi parte que al revés.

The most reliable instrument for measuring the varied effects of dynamic force on man is man.

John Paul Stapp.

Agradecimientos

Agradezco al personal de las empresas de Helicol-Pas S.A.S por su colaboración y contribución positiva, en especial a la sección de HSEQ, y en nombre propio a la señorita Johanna Lilibeth Soto Hernández. También quiero agradecer especialmente al Dr. Hugo Alberto Fajardo, Dra. Viviana Ortiz Mayorga, Dr. Franklin Escobar y al Dr. Yamil Diab por su apoyo y asesoría.

Resumen

La fatiga es uno de los riesgos de mayor preocupación en la seguridad aérea, debido a su relación con accidentes e incidentes aeronáuticos. El presente estudio tuvo como objetivo caracterizar la presencia de fatiga en una aerolínea colombiana. La muestra fue de 12 pilotos de aeronaves de ala fija, quienes presentaron el 66% somnolencia leve y el resto sin somnolencia, además se encontró que aumenta la fatiga según la cantidad de piernas realizadas y el tiempo de vuelo con tendencia en horas del valle circadiano. No hubo relación entre el tiempo de trabajo y tiempo de vigilia. En el análisis multivariado se encontró relación entre sectores volados, tiempo de trabajo y tiempo de vuelo con fatiga previa al último descenso.

Palabras clave: Fatiga Mental, Accidentes de Aviación, Medicina Aeroespacial, Horas de trabajo.

Abstract

Fatigue is one of the most risk concerns in air safety, because of the link with incidents and accidents. The aim of the study was characterize the presence of fatigue in a Colombian airline. The population were 12 pilots of fixed wings, it show 50% of them with no somnolence and the other 50% with slight daytime somnolence. Furthermore, the increased fatigue with the number of flight sectors and flight time with tendency in Windows of Circadian Low. No match between duty time or time awake and fatigue. The multivariate analysis found the relationship between flight sectors, duty time and flight time with fatigue previous last top descend.

Key words: Mental Fatigue, Aviation Accidents, Aerospace Medicine, Work Hours

Contenido

Resumen	5
Abstract	6
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABLAS	10
INTRODUCCIÓN	11
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
2. JUSTIFICACION	13
3. MARCO TEORICO	14
3.1 Accidentes y fatiga	14
3.2 Prevalencia de Fatiga en Aviación	16
3.3 Relación entre fatiga y Seguridad Operacional	17
3.3.1 Fatiga: Unidad biológica para el descanso recuperativo (15)	17
3.3.2 Manifestaciones de la Fatiga	19
3.3.2.1 Manifestaciones generales	19
3.3.2.2 Manifestaciones Operacionales	20
3.3.3 Factores Operacionales de la fatiga	21
3.4 Formas de Medición de fatiga	22
3.4.1 Medición Subjetiva	22
3.4.2 Medición Objetiva	23
3.5 Mitigación De La Fatiga	24
3.5.1 Siesta Operacional	25
4. OBJETIVO	27
4.1 Objetivo General	27
4.2 Objetivos Específicos	27
5. METODOLOGÍA	28
5.1 Población De Estudio	28
5.2 Diseño Metodológico	28

5.3 Variables	28
6. RESULTADOS.....	30
7. DISCUSION.....	34
8. CONCLUSIONES.....	36
9. RECOMENDACIONES.....	37
ANEXOS.....	38
BIBLIOGRAFIA.....	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Sistema para el analisis de la relacion entre fatiga y seguridad.....	18
Figura 2:	Fatiga en el Ultimo descenso del día.....	31
Figura 3:	Fatiga en el último descenso, Tiempo de día y Sectores volados.....	32

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Fatiga involucrada en Accidentes aéreos.....	15
tabla 2: Cuadro de Variables.....	28
Tabla 3: Datos Poblacional.....	30
Tabla 4: Coeficiente de Correlación.....	32
Tabla 5: MANOVA: Fatiga U. Descenso, Tiempo de Trabajo y de vuelo.....	33

INTRODUCCIÓN

En medicina general, la fatiga es un síntoma muy común e importante que se encuentra en la práctica diaria del médico de atención primaria, debido a su variable etiológica y frecuencia relativamente alta, genera un problema desafiante para el médico. Cuando alguien se encuentra fatigado, podría indicar una gran diversidad de condiciones, incluyendo enfermedades respiratorias, cardiovasculares, endocrinas, gastrointestinales, hematológicas, infecciosas, neurológicas y musculoesqueléticas, desordenes afectivos, alteraciones del sueño y el cáncer (1).

La fatiga al tener causas multifactoriales, se presta para que en ocasiones el médico omita sus características y no la diagnostique; a pesar de que, se ha encontrado tiene relación con enfermedades musculoesqueléticas en 19%, psicológicas y/o sociales en 16.5%, neurológicas en 6.7% y alteraciones del ciclo del sueño en 1.9% registrados en historia clínica; cabe aclarar los resultados que arrojaron las encuestas sobre la percepción de fatiga en el mismo estudio se encontró que se presenta angustia o preocupación en 61.1%, alteraciones del ciclo del sueño en 65%, síntomas depresivos en 24.1% y el 50% de los pacientes no tuvieron causa determinada para sustentar la fatiga (2).

La mayoría de personas conocen la definición de fatiga como cansancio; sin embargo, desde un punto de vista operacional y más preciso, se podría definir como la condición caracterizada por la incomodidad generada para realizar un trabajo, en la reducción de la eficiencia, en la pérdida o dificultad para responder a estímulos, y por lo general, está acompañada de sensación de cansancio (3).

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La fatiga se ha definido como un estado fisiológico caracterizado por una reducción en la capacidad de desempeño físico y mental que puede alterar el estado de alerta de la tripulación y la habilidad de operar dentro los límites de seguridad; debido a que las principales manifestaciones son neurocognitivas, como la reducción en el tiempo de reacción y la atención, pérdida de la concentración, interrupción de tareas simultaneas, alteraciones en toma de decisiones, alteraciones en la comunicación, errores de cálculo, comportamiento inhibitorio, entre otros; todas estas siendo de vital importancia en las fases de despegue y aterrizaje (3).

La fatiga ha sido identificada como un factor contribuyente en los accidentes dentro de una amplia gama de investigaciones, donde se ha encontrado relación entre personas cansadas y la probabilidad de tener un bajo desempeño en la seguridad y sus respectivas acciones. En estos análisis se contemplan, operaciones de transporte automotor, ferroviario, marítimo y aéreo; a la vez, se ha relacionado en la parte ocupacional dentro de hospitales, en emergencias, en acciones policiales, etc. Teniendo como característica, que el trabajo se realizó en un horario irregular. La mayoría de personas han llegado a estar fatigadas en un algún momento, ya sea durante el estudio, el trabajo o momentos de ocio; lo cual podría incrementar el riesgo de lesión y accidente (4).

2. JUSTIFICACION

Los costos asociados a la fatiga en aviación han sido de gran impacto en lo que se refiere a vida humana y también en el factor económico; pues aunque el factor técnico en años anteriores fue una causa principal de accidentes, ahora no lo es, debido a que el mantenimiento de las aeronaves en la actualidad se ha vuelto más riguroso con su programación y son altamente automatizados, por lo cual los accidentes debido a fallas del equipo o mal funcionamiento son raros en comparación a los accidentes por falla en el desempeño humano (5).

Por tal motivo, el poder aplicar una forma sencilla, rápida y practica en la medición de fatiga, especialmente sin interrumpir la funciones operacionales, es de gran ayuda para el monitoreo del desempeño de los tripulantes, lo cual sigue lineamientos dados por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) bajo el Sistema de gestión de manejo del riesgo de fatiga (FRMS), siendo un punto de partida importante para Colombia y Latinoamérica.

El poder hacer seguimiento de la fatiga a nivel operacional en cualquier aerolínea es de vital importancia para la seguridad aérea en Colombia y a la vez, ser punto de partida de investigaciones futuras debido a su actual crecimiento en la industria aeronáutica y ser un punto estratégico para el transporte aéreo, que además se pueda extender de manera fácil a otras áreas aeronáuticas y no solo a la tripulación de vuelo.

3. MARCO TEORICO

La OACI define la fatiga como un estado fisiológico caracterizado por una reducción en la capacidad de desempeño físico y mental como resultado del tiempo de sueño insuficiente o vigilia prolongada, cambios de la fase circadiana y carga del trabajo (física y/o mental) que puede alterar el estado de alerta de la tripulación y la habilidad para operar de manera segura una aeronave o desempeñarse en otras actividades que involucren la seguridad (6).

Una de las causas más citadas sobre la alteración del desempeño es la fatiga, la cual ha sido la principal preocupación de la Oficina de Seguridad de Transporte Nacional de Estados Unidos (NTSB) por más de 40 años (7) y por lo cual la OACI ha puesto énfasis en implementar el FRMS en las aerolíneas comerciales. Pero a pesar de los años de haber reconocido las alteraciones físicas y cognitivas debido a la fatiga por deuda de sueño, también han encontrado numerosas formas de mitigar y las han ido mejorando con el pasar del tiempo; la fatiga se mantiene como uno de los factores primarios fisiológicos que se encuentran implicados en los accidentes de aviación y en los errores en general que realizaron la tripulación (8).

3.1 Accidentes y fatiga

La fatiga ha sido y continúa siendo un factor contribuyente en los accidentes de aviación. Actualmente, la NTSB ha realizado recomendaciones específicas sobre la fatiga, además fortaleciendo la recomendación de la OACI sobre la implementación obligatoria del FRMS, que forma parte del Sistema de Gestión de Seguridad (SMS) que es el nuevo anexo 19. Desde 1993, la NTSB ha determinado que la fatiga contribuyó a 8 accidentes aéreos de compañías aéreas dentro del territorio estadounidense, dando como resultado 300 muertes y 52 heridos (9).

La fatiga fue identificada como un factor contribuyente o causal en accidentes (ver tabla 1) en Guam (1997), Armenia (1998), Little Rock (1999), Little Rock (2004) y Búfalo (2009).

Cada uno de estos accidentes ocurrieron durante las fases de aproximación y aterrizaje del vuelo, siendo Guam durante el amanecer y Little Rock en altas horas de la noche, cabe recalcar que el de Búfalo también fue aproximadamente a las 22 horas y con un mal tiempo meteorológico (9).

En diferentes reportes de incidentes refieren que aproximadamente el 20% de estos son relacionados a fatiga y que entre los años 1994 y 1998, hubo un promedio de 45 contratiempos cada año que se atribuyeron a la fatiga debido a la pobre programación de turnos (9).

En el medio aeroespacial la fatiga se ha asociado a accidentes, mediante la reducción de los límites de seguridad, la menor eficiencia operacional y la disminución en la capacidad de evaluar el riesgo (9, 10).

Tabla 1: Fatiga involucrado en Accidentes aéreos

AEROLINEA	FECHA	CAUSA PROBABLE	RESULTADO
American International 808	1993	Alteración del juicio, toma de decisiones y habilidades de vuelo debido a fatiga.	3 heridos
Korean Air 808	1997	Falla la tripulación para ejecutar una aproximación precisa.	228 muertos 26 heridos
American Airlines 1420	1999	Tripulación falla en interrumpir la aproximación y confirmar que los spoilers se habían extendido después del aterrizaje. Alteración del performance de la tripulación por fatiga.	11 muertos 45 heridos
Federal Express 1478	2002	Falla en establecer y mantener la senda de planeo en la noche. Fatiga fue factor contribuyente.	3 heridos
Corporate Airline	2004	Combinación de factores relacionados a la fatiga, produjo errores en el piloto.	13 muertos 2 heridos
Shuttle America	2007	Fatiga contribuyó afectar la habilidad para planear y supervisar el acercamiento a pista en mayor tiempo.	No fatalidades

Colgain Air 3407	2009	Fatiga contribuyó a afectar las habilidades del piloto que influyeron en el mal procedimiento en el descenso y en la emergencia.	50 muertos 1 muerto en tierra
---------------------	------	--	----------------------------------

Advisory Circular 120-100. Department of Transportation. Federal Aviation Administration.

3.2 Prevalencia de Fatiga en Aviación

En el año 2006 Inglaterra realizó un estudio donde, la prevalencia de fatiga en pilotos durante actividades de vuelo fue de un 75% y reportó que la sensación de fatiga había alcanzado niveles superiores comparados con años anteriores en un 81%; además estableció una mayor intensidad de la misma entre pilotos de aerolíneas de bajo costo (11).

Se han registrado micro eventos fisiológicos durante las fases críticas del vuelo, el principal evento es el microsueño, que es un episodio de sueño que puede durar fracciones de segundo hasta 30 segundos donde la persona pierde la conexión con el ambiente. En un estudio, el 87% de pilotos experimentaron por lo menos un microsueño mayor de cinco segundos, y en promedio, los pilotos experimentaron seis microsueños durante los últimos 90 minutos del vuelo. Además de los microsueños, algunos pilotos han admitido haberse quedado dormidos en la cabina (10). En un estudio de la NASA en el año 1999, el 80% de pilotos ha aceptado haberse quedado dormido en algún momento durante el vuelo (12).

Los pilotos que realizan largos tramos (long-haul) indicaron que, aproximadamente el 66% experimentan fatiga significativa, al menos una vez en la semana, la cual se asoció al cronograma de trabajo; y más del 96% reportó que la fatiga había interferido con sus actividades sociales durante el último mes (13). Además, se reportó que el 94% de los pilotos siente la necesidad de actualizar un

entrenamiento en higiene del sueño y los efectos de la fatiga, así como el ritmo circadiano (14).

3.3 Relación entre fatiga y Seguridad Operacional

La principal incertidumbre cuando se refiere a fatiga y/o sus efectos, es la ausencia de una definición clara. Se ha considerado que la fatiga es una construcción hipotética, debido a que no hay una medición objetiva ni forma de observarla. Por tal motivo, se creó un modelo que la refiere como una estructura, donde se enlaza los resultados de seguridad con los factores que se relacionan con la fatiga (figura 1), como por ejemplo, la relación que hay entre la vigilia prolongada con accidentes de tránsito, lo cual demuestra que los efectos de la fatiga alteran el desempeño de la persona, alterando la seguridad.

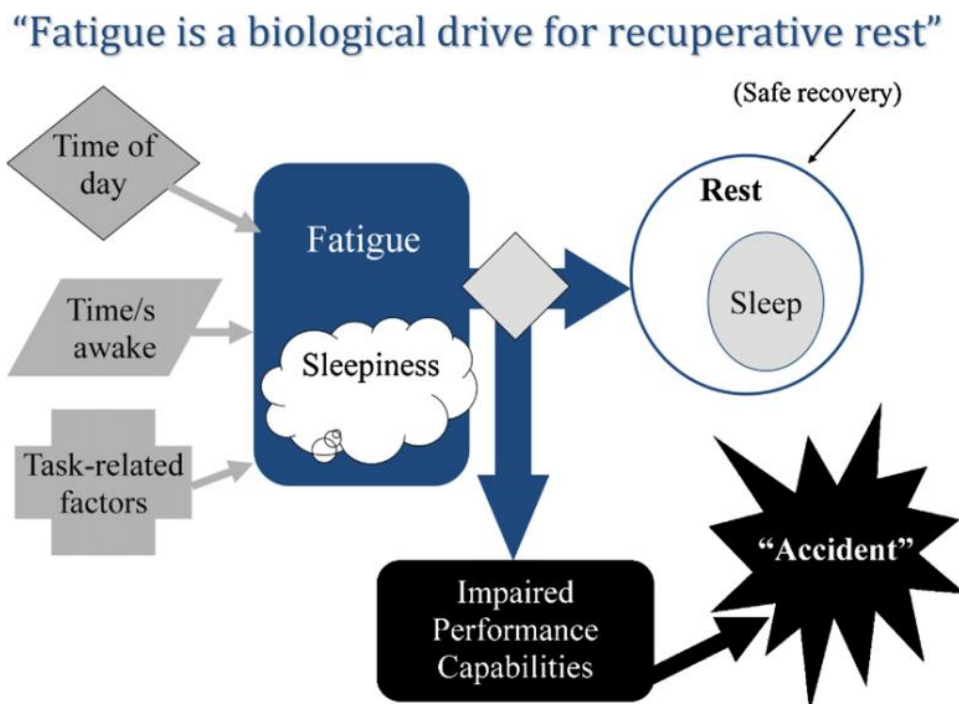
Ann Williamson, define a la fatiga como “una unidad biológica para la descanso recuperativo”. El descanso puede o no estar involucrado en un periodo de sueño dependiendo de la naturaleza de la fatiga (15).

3.3.1 Fatiga: Unidad biológica para el descanso recuperativo (15)

La fatiga puede tener varias formas incluyendo la somnolencia, así como, de origen mental, físico y/o muscular dependiendo de la naturaleza que la cause. En el nuevo sistema de transporte, es probable que la forma de manifestación de la fatiga se dé por somnolencia y/o fatiga mental.

Este modelo demuestra que todas las formas de fatiga pueden resultar en una reducción de las capacidades de desempeño y, por ende, se altera la seguridad, debido a las respuestas incorrectas o lentas y/o la falla total de las respuestas (15).

Figura 1. Sistema para el análisis de la relación entre fatiga y seguridad



Ann Williamson. The link between fatigue and safety. *Accident Analysis and Prevention* 2011; 43(2):498–515.

Se consideran tres factores que son directamente responsables de la fatiga: el ritmo circadiano, la homeostasis del sueño y las tareas de trabajo. Diferentes estudios sobre privación de sueño y tiempo de vigilia mostraron la alteración del desempeño y el incremento de incidentes y accidentes. Por otra parte, los efectos del desempeño tuvieron buena correlación con evidencia neurológica, mostrando cambios en la función cortical, demostrando así, evidencia convergente para reforzar la relación entre factores de la homeostasis del sueño y desempeño. La evidencia para los efectos relacionados de la cargas de trabajo y el desempeño fueron significativamente clínicos (15).

Esto demuestra claramente que la alteración del desempeño ocurre en tareas que requieren una atención continua y mantenida, especialmente, monótona. Los resultados sobre la seguridad, sugiere que el riesgo de lesión y accidente es mayor cuando las tareas son poco estimulantes y prolongadas; que la monotonía y las situaciones de bajo estímulo no podrían solo enmascarar la somnolencia marcada, sino que podrían también causar fatiga en el resto de personas descansadas. Este tipo de tareas es característico

de la mayoría de trabajos en las operaciones de transporte y en ciertas ocupaciones, hay la necesidad crítica de realizar pruebas entre la relación de tareas de larga duración y tareas monótonas y sus respectivos resultados en la seguridad (15).

3.3.2 Manifestaciones de la Fatiga

En las alteraciones del desempeño que contribuyeron a los accidentes, se encontró que los estados de vigilia continua de 24 horas se asociaron con un deterioro significativo en la vigilancia y raciocinio. Se determinó que este deterioro del desempeño es comparable a un estado de alcoholemia de 0.10%. Los riesgos asociados a este nivel de alteración, son potenciados por el hecho que la persona fatigada, no es consciente de que tan severo está deteriorado su desempeño y así cree que son seguros para realizar un vuelo (16).

Una amplia gama de déficits cognitivos y de desempeño, pueden ser evidentes durante los periodos de pérdida de sueño, incluyendo la privación total del sueño, restricción del sueño crónico (despertares temprano continuos) y condiciones de salud que podría producir interrupción del sueño durante la noche (Síndrome de Apnea/Hipopnea Obstructiva del Sueño).

De las diferentes formas de pérdida del sueño, no relacionadas a factores de salud, es la restricción del sueño crónico que se experimenta en los trabajos modernos, siendo los daños similares a la privación total de sueño (17).

3.3.2.1 Manifestaciones generales

La alteración psicomotora y de atención son las principales efectos de la privación de sueño; se ha reportado déficits de atención a estímulos visibles y audibles, presentando errores de omisión y comisión. Además, la alteración del desempeño visual como por ejemplo, convergencia binocular, abandono visual para estímulos centrales y periféricos, siendo marcada la disminución de la sensibilidad a cambios de ambiente periférico (18).

Las habilidades cognitivas alteradas principalmente fueron: dificultad para la formación de nuevas memorias, así como memoria de trabajo más pobre para los estímulos auditivos y visuales. Los déficits de la memoria de trabajo, pueden ser especialmente críticos porque esta capacidad refleja la suma de información procesada que la persona puede manipular en un tiempo dado y a la resolución de problemas. Por lo cual, se ha observado un déficit del desempeño en la habilidad para solucionar problemas, razonamiento y pensamiento divergente. Igualmente, la habilidad del procesamiento espacial como en su velocidad (18).

Los efectos fisiológicos y psicológicos han sido observados en conjunto, estos incluyen en general la salud y bienestar, así como un incremento significativo en los niveles del cortisol, aumento del riesgo de diabetes, complicaciones cardiovasculares y disminución del metabolismo. Cabe recalcar, cambios en el comportamiento como trastornos psiquiátricos, aumento del comportamiento arriesgado, disminución del optimismo y sociabilidad (18).

3.3.2.2 Manifestaciones Operacionales

Las alteraciones neurocognitivas constituyen las principales manifestaciones de la fatiga. Un estudio realizado en Francia en el 2002, encontró que los pilotos durante el vuelo presentaron reducción de la atención, pérdida de la concentración, interrupción de tareas simultáneas, problemas de coordinación con otros miembros de la cabina y las tareas se volvieron más difíciles de realizar; mientras que, las manifestaciones observadas por los otros tripulantes incluían la disminución de la comunicación social y errores de cálculo e interpretación; todas se pueden englobar como manifestaciones mentales y verbales debido a la pérdida de sueño (19).

En otro estudio se sugiere que la privación de sueño produce alteraciones de la toma de decisiones, de raciocinio, de la flexibilidad en el pensamiento, del

comportamiento inhibitorio, de la propensión a la toma de riesgos y otros aspectos de la función ejecutiva (20)

3.3.3 Factores Operacionales de la fatiga

Múltiples factores operacionales se han relacionado a una alta probabilidad de fatiga, siendo los principales:

- **El Tiempo De Trabajo (Duty Time):** en un estudio realizado basado en los datos de la FAA en el año 2002, se encontró que la probabilidad de accidente se duplica cuando el tiempo de trabajo es superior a 10 horas y llega a ser de 5.5 veces cuando sobrepasa las 13 horas, incluido el tiempo de vuelo. Diversos artículos encuentran el tiempo de trabajo como uno de los factores más importantes de fatiga e incluso podría ser factor predictor (19, 21, 22).
- **La Hora Del Día En Que Se Realiza La Operación Aérea:** existe mayor impacto de fatiga en la tripulación cuando las operaciones aéreas se realizan durante los valles circadianos y en la noche; la fatiga comienza en aumento progresivo desde la noche (vuelos nocturnos) hasta el pico máximo entre las 02 y 06 horas del día (22, 23, 24).
- **El Número De Sectores Volados (Piernas):** se ha reportado la relación directa entre el número de piernas realizadas por el piloto durante el día y la fatiga, la cual aumenta de acuerdo a la hora del día en que se ejecutan las fases críticas de vuelo, y por ende la tripulación entra en un estado de estrés neurocognitivo (19, 22, 23).
- **Las Escalas:** en la programación de descanso son muy importantes por el tiempo que tiene la tripulación para dormir (debido a privación de sueño parcial). Sí se hace una adecuada programación de descanso es útil para conseguir un sueño reparador y disminuir la probabilidad de fatiga. Sin embargo, el tiempo de sueño reparador se ve disminuido posiblemente por el estado psicológico de no estar en casa (12, 23, 25).

- **Ritmo Circadiano:** la industria de la aviación funciona 24 horas al día por 7 días a la semana, por lo tanto tiene la necesidad de cubrir todos los horarios por turnos, esto conlleva a que el trabajo con operaciones nocturnas u operaciones diurnas de inicio a la madrugada, tengan como consecuencia alteraciones en la calidad y la sincronización del sueño con el ritmo circadiano del individuo. En personal del medio aeronáutico se puede encontrar relacionado a los viajes transmeridionales que cruzan como mínimo 4 husos horarios causando “Jet Lag” (12, 19, 26, 26, 27, 28).
- **El Tiempo De Vigilia** y el número de horas dormidas en el día previo son consideradas variables con valor predictivo de fatiga (25, 29, 30).
- Teniendo en cuenta los factores **Tiempo De Vigilia Y Hora Del Día**, un estudio en Australia en el 2010, mostró que las dos variables serían de alto riesgo cuando el tiempo de vigilia y la operación a desarrollar se realizan durante la fase del valle circadiano. La razón, es el sinergismo entre ellas que produce alteración en las funciones neurocognitivas. Este resultado, podría ser un factor a considerar en seguridad aérea puesto que, una persona con un sueño reparador previo a las horas críticas del día podría disminuir el riesgo de fatiga; esto aclarando que el trabajo nocturno no sería tan eficiente como el diurno (31).

3.4 Formas de Medición de fatiga

3.4.1 Medición Subjetiva

El FRMS sugiere algunos métodos de medición de forma subjetiva, los cuales se describen posteriormente.

La Escala De Somnolencia De Epworth validada en Colombia, es ideal para una recolección de datos en forma retrospectiva, es un cuestionario de auto llenado, mide la somnolencia durante el día, su consistencia interna es de 0.88 y su validez actual es de 0.82 (32).

La Escala De Samn-Perelli, es otro método sugerido por el FRMS y sirve para poder evaluar la fatiga durante la realización de las operaciones en vuelo sin ser dispendioso el llenado, el beneficio de recolección de varias tripulaciones, sirve como monitoreo continuo y/o indica las estrategias de mitigación necesarias (6, 33).

El uso de **Los Diarios Del Sueño** es un método también sugerido por el FRMS que sirve para monitorizar el sueño, que mediante su análisis permite encontrar respuestas a preguntas específicas de índole operacional. Si es bien realizado tiene una gran confiabilidad, que podría llegar a ser similar a la polisomnografía pero por la variabilidad de cada persona pueden ser subestimados o sobrestimados los resultados (5).

3.4.2 Medición Objetiva

El uso de **Actígrafos**, pequeños dispositivos similares a un reloj, que permiten apreciar el ciclo actividad reposo, sugerido por el FRMS, reúne información de sueño y privación de sueño durante tiempo de trabajos (viajes con escala) y no trabajo (día de descanso en casa). La correlación que tiene la actigrafía con la polisomnografía es 0.9, haciéndolo confiable (5).

La Pupilografía es útil para medir y predecir la fatiga, según los cambios que presenta la pupila, se basa en la inervación autónoma que recibe, este fenómeno obedece a que el diámetro pupilar resulta del balance del esfínter de la pupilas y de las fibras radiales del iris con dicha inervación, la constricción pupilar se debe a acciones de las fibras parasimpáticas mientras que, la dilatación pupilar está dada por acción de las fibras simpáticas. El diámetro de las pupilas es un poco mayor entre las 9 y 23 horas debido al estado de alerta y sufre alteraciones cuando hay trastornos del sueño, esto en relación con el sistema nervioso autónomo y el predominio parasimpático con la fatiga. Basándose en este mecanismo, se han realizado investigaciones, donde se demostró una correlación entre el incremento de la latencia de constricción pupilar con la fatiga, y otros fenómenos como la disminución en la velocidad de los movimientos sacádicos oculares y fatiga.

Ambas medidas se podrían usar como alternativas para medir y predecir la fatiga (34, 35, 36).

La Polisomnografía es la regla de oro aceptada para la supervisión del sueño y actualmente es el único método que ofrece información fiable sobre la estructura interna y calidad del sueño. Consiste en electrodos que se colocan en el cuero cabelludo y cara, y conectarlos a un dispositivo de grabación, a fin de medir tres tipos de actividad eléctrica: 1) las ondas cerebrales (electroencefalograma o EEG); 2) los movimientos oculares (electrooculograma o EOG); y 3) el tono muscular (electromiograma o EMG).

Además de la supervisión del sueño, la polisomnografía puede utilizarse para seguir la alerta de la vigilia, basándose en las frecuencias dominantes de las ondas cerebrales y las estructuras de pequeños movimientos oculares giratorios involuntarios que acompañan a la caída en el sueño (6)

3.5 Mitigación De La Fatiga

El dormir es también una necesidad fisiológica como el agua y la comida, por lo cual nada puede compensar la pérdida de sueño sino la oportunidad para recuperarlo. Sin embargo, muchas veces no es posible, debido a los largos viajes o el tipo de operaciones a realizar. Las contramedidas por medicamentos, tales como las de prescripciones médicas o medicamentos de venta libre, pueden ser herramienta invaluable para mantener la alerta y el desempeño por largos periodos de vigilia o restricción de sueño. Aunque, estos fallan en direccionar la fuente de fatiga por sueño insuficiente (12).

Para disminuir el riesgo de fatiga se han investigado varias contramedidas, la principal es el adecuado sueño en las dos noches previas a la operación. Las siestas cortas, ya sea antes del inicio de las operaciones, durante el vuelo o entre las escalas, han demostrado que son adecuadas siempre y cuando el tiempo de estas sea entre 20 a 30 minutos, tiempo ideal para poder contrarrestar la fatiga. Un tiempo superior a 30 minutos de siesta implica que la persona entre en fases profundas del sueño y al despertar presente el fenómeno de la inercia del sueño, la cual origina una caída del desempeño y a su vez una reducción del estado de vigilia; por ende, puede ser severa, con una duración de minutos a horas y además, puede verse acompañada de microsueños (10, 12, 29, 37).

Otra contramedida investigada ha sido el uso de goma de cafeína, por su rápida absorción en 5 minutos y una eliminación del cuerpo en 5 horas, se recomendaría usarla en la última parte del vuelo, tomando la precaución, acerca del conocimiento de la acción y efectos notados en cada piloto (38). El uso de hipnóticos ha sido limitado en la fuerza aérea de Estados Unidos, y sigue siendo controversial en la aviación civil. A pesar de lo mencionado, moléculas de vida media corta como el zolpidem y el zaleplon son una opción a utilizar como inductores del sueño, su prescripción se podría hacer según la evaluación de cada caso en particular. Entre otras medidas descritas están, la educación al piloto sobre la estrategia para la gestión del estado de alerta, estrategias de alerta y programación de un sueño saludable; medidas con claros beneficios para las operaciones aéreas (12, 37).

3.5.1 Siesta Operacional

Cuando la fatiga es severa y no se puede obtener periodos completos para dormir, la implementación de la estrategia de la siesta, puede ser inmensamente beneficioso, reduciendo tendencia a dormir y ayudando a restaurar el desempeño cognitivo deteriorado, que se asocia a la fatiga.

Las siestas estratégicas de duración entre 15 y 30 minutos son beneficiosas y pueden ayudar a revertir los déficits de desempeño, debido a la pérdida o interrupción del sueño, siendo tan cortas como 10 minutos, las cuales ayudan a reducir la somnolencia subjetiva y mejorar el desempeño neuropsicológico (39).

Las siestas también pueden ser tomadas profilácticamente, en anticipación a una pérdida de sueño acumulado u operacionalmente, en respuesta al incremento de somnolencia y alteración del desempeño (18).

Los estudios han demostrado el beneficio de siestas durante periodos continuos de despertares tempranos, los rangos de estos fueron entre 30 segundos a 120 minutos, se demostró la ventaja al reducir la somnolencia subjetiva y objetiva, mejorar el desempeño en tareas de memoria y reconocimiento, adición y sustracción mental, raciocinio lógico y respuesta a estímulos (18).

Las siestas durante el vuelo podrían ser de gran valor para los pilotos, especialmente cuando se considere que la carga laboral este aumentada y se aumenten los riesgos potenciales en la aproximación final. Como se mencionó previamente, las mayorías de accidentes fatales de aviación comercial ocurrieron durante las fases críticas de vuelo, que son el despegue y aterrizaje, indicando la necesidad que el piloto este vigilante y alerta en estas fases. De esta manera, se puede reducir la gran presión a dormir, los cuales son demostrados por microsueños y deterioro de la atención. Para lograr mantener el estado de alerta durante vuelo de larga duración, se opta por aumentar la tripulación con el propósito de alternar el descanso de la tripulación (5,18).

Las siestas se pueden realizar en lugares asignados en los aviones, donde se dispone un ambiente cerca de la cabina, separado de la cabina de pasajeros, brindando comodidad y oportunidad para dormir (40). Esta estrategia genera mejor calidad de sueño cuando se realiza lo más pronto posible durante vuelo, es decir, en el primera parte del vuelo porque se logra reducir el tiempo de vigilia prolongado y disminuyendo el riesgo de la inercia de sueño (6).

Las siestas también se podrían realizar en las cabinas de los aviones, cuando se alterna el control de mando y en fase crucero, donde la carga laboral y cognitiva es menos exigente, se demostró que esta estrategia, restaura la vigilancia y el estado de alerta de la tripulación, y de esta manera ayuda a la seguridad de vuelo, siendo el tiempo ideal de la siesta de 15 a 30 minutos.

Además, se debe notificar a las tripulantes de cabina antes de iniciar la siesta, con el fin de que la tripulante de cabina verifique el estado de alerta del piloto que queda en control del avión. Se recomienda que, la siesta deba acabar 60 minutos previos al inicio de descenso para evitar la inercia de sueño (5,18).

4. OBJETIVO

4.1 Objetivo General

- Caracterizar la presencia de fatiga en una aerolínea colombiana entre Julio y Septiembre de 2013.

4.2 Objetivos Específicos

- Determinar la presencia de fatiga en la tripulación de vuelo de la aerolínea.
- Hallar factores asociados con el nivel de fatiga en pilotos.
- Clasificación del nivel de fatiga.

5. METODOLOGÍA

El estudio fue presentado a las áreas de Seguridad Operacional y Salud Ocupacional de la aerolínea, quienes aprobaron el estudio. Cada piloto lleno el Anexo 1 por única vez, mientras que el Anexo 2, se llenó por 5 veces, ya que representa su trabajo del día. Con los datos, se construyó en Excel una base de datos, que fue analizada estadísticamente mediante el programa SPSS versión 20. Se realizó un análisis univariado, bivariado y multivariado.

5.1 Población De Estudio

La muestra será la totalidad de pilotos (piloto al mando y primer oficial) de aeronaves de ala fija de una aerolínea colombiana, que son actualmente 12 pilotos.

5.2 Diseño Metodológico

Estudio descriptivo, observacional de corte transversal.

5.3 Variables

Tabla 2: Cuadro de Variables

CUADRO DE VARIABLES			
VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	UNIDAD DE MEDICIÓN	OPERATIVIDAD
EDAD	CUANTITATIVA CONTINUA	AÑOS	20-35 años 35-50 años >50 años
AÑOS DE EXPERIENCIA	CUANTITATIVA CONTINUA	AÑOS	<5 años 5-10 años 10-15 años >15 años
HORAS DE VUELO	CUANTITATIVA CONTINUA	AÑOS	<1000 horas 1000 – 5000 horas 5000 – 10 000 horas >10 000 horas

NUMERO DE SECTORES VOLADOS	<i>CUANTITATIVA DISCRETA</i>	<i>UNIDADES</i>	
HORA DE INGRESO AL TRABAJO	<i>CATEGORICA NOMINAL</i>	<i>HORAS</i>	MAÑANA: 0600-1200 TARDE: 1200-1800 NOCHE:1800-2400 MADRUGADA: 00-0600
TIEMPO DE TRABAJO	<i>CUANTITATIVA CONTINUA</i>	<i>HORAS</i>	
HORA DEL ULTIMO DESCENSO	<i>CATEGORICA NOMINAL</i>	<i>HORAS</i>	MAÑANA: 0600-1200 TARDE: 1200-1800 NOCHE:1800-2400 MADRUGADA: 00-0600
HORAS DORMIDAS LA NOCHE PREVIA	<i>CUANTITATIVA CONTINUA</i>	<i>HORAS</i>	<6 hrs 6-8 hrs >8 hrs
SIESTA PREVIA AL VUELO	<i>CATEGORICA NOMINAL DICOTOMICA</i>	<i>SI/NO</i>	
NIVEL DE FATIGA	<i>CUANTITATIVA DISCRETA</i>	<i>UNIDADES</i>	<5: NO FATIGA >4: FATIGA
NIVEL DE SUEÑO	<i>CUANTITATIVA DISCRETA</i>	<i>UNIDADES</i>	0-6:No Somnolencia 7-13: Somnolencia diurna leve 14-19: Somnolencia diurna moderada 20-24: Somnolencia diurna grave

6. RESULTADOS

Hubo en total 12 pilotos que participaron del estudio (tabla 2) que son parte de la operación de la aerolínea. Los cuestionarios que no estaban completos, se devolvieron y se solicitó el adecuado llenado de estos.

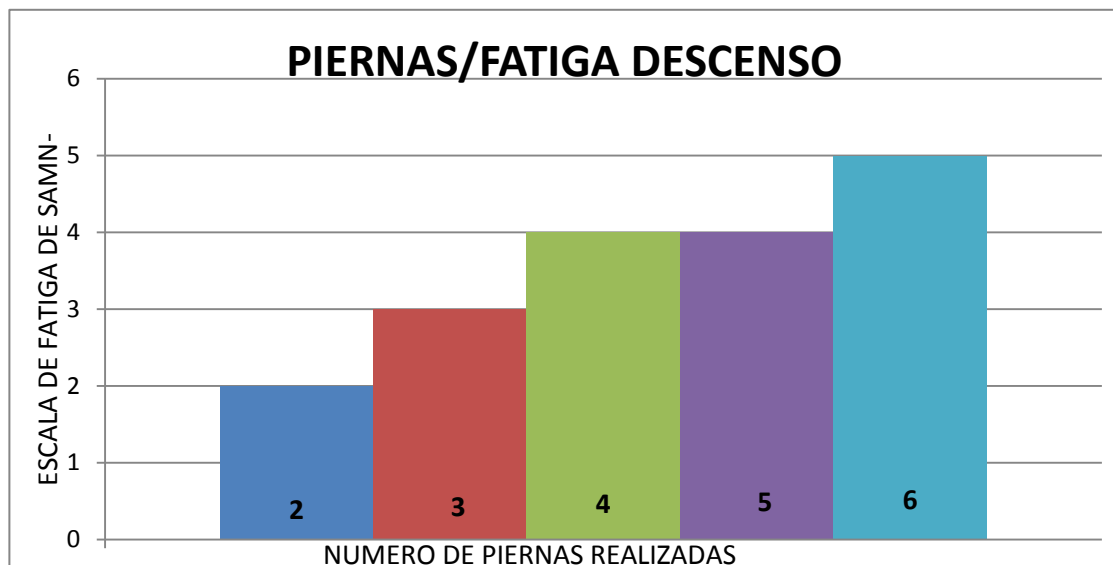
Cada piloto lleno en 5 oportunidades el cuestionario que midió la fatiga durante la realización de las operaciones aéreas, obteniendo así la cantidad de 60 formatos para la caracterizar la fatiga durante la operación.

Tabla 3: Características de pilotos

N=12 pilotos	PROMEDIO	MINIMO	MAXIMO	D.STD
EDAD	40.25	26	54	9.8
EXPERIENCIA	16.6	0.2	30	11.46
<1 año	3 pilotos			
5 - 10 años	1 piloto			
10 - 15 años	1 piloto			
> 15 años	7 pilotos			
HORAS DE VUELO	5887	350	14000	4588
<1000 hrs	3 pilotos			
1000 - 5000 hrs	3 pilotos			
5000 - 10000 hrs	4 pilotos			
> 10000 hrs	2 pilotos			
ESE	7.75	4	12	2.34
No somnolencia Diurna	4 pilotos			
Somnolencia Diurna Leve	8 pilotos			
HORA DE LEVANTARSE	4:57	2:15	8:30	1:46
INGRESO TRABAJO	6:52	4:00	12:00	3:11
HRS DORMIDAS NOCHE PREVIA	7:47	5:00	11:30	1:45
DUTY TIME	8.9	3:00	12:30	2:45
PIERNAS	3.0	2	6	1.2
HORA VUELO	4.4	1:00	7:00	1:45
HORA INGRESO	8:15	4:00	15:00	3:47
HORA DESCENSO	13:53	5:36	22:30	3:22
TIEMPO VIGILIA	9.4	2:00	16:00	2:50

La distribución de las características de la población de pilotos es muy amplia, lo cual se refleja que hay una vasta experiencia en años y una buena cantidad de horas de vuelo, que son vitales para la seguridad aérea (tabla 1). Se encontró que el 66% de ellos presentan somnolencia diurna leve.

Figura 2: Escala de Samn-Perelli en el último descenso del día



Se halló un aumento de fatiga directamente proporcional a la cantidad de sectores volados (piernas) durante un día de trabajo (figura 2).

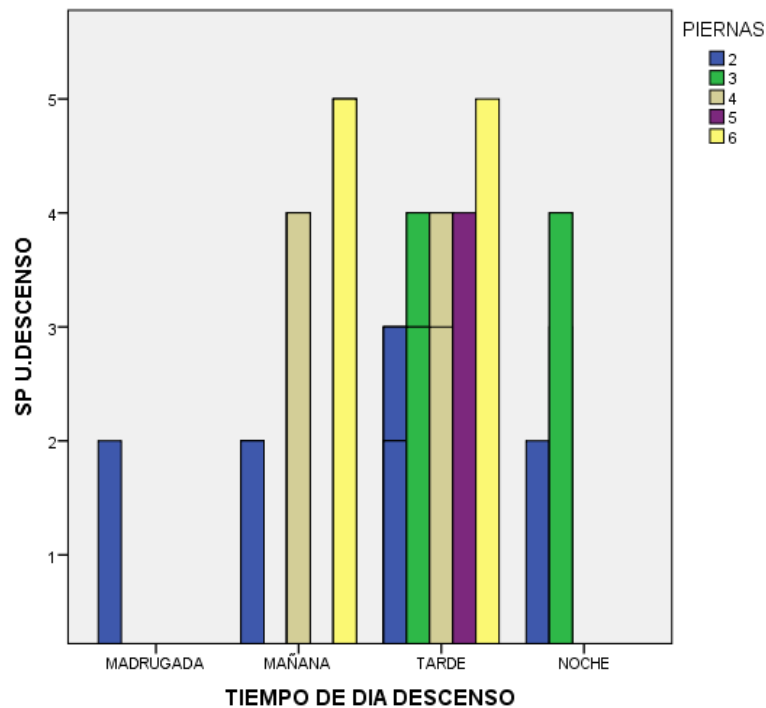
En el estudio, se analizaron las diferentes variables para hallar una relación con la fatiga, solo se encuentra relación significativa entre Sectores volados y Tiempo de vuelo, pero no con el tiempo de trabajo y el tiempo de vigilia al momento del último descenso.

Tabla 4: Coeficientes de Correlación

		Tiempo de Trabajo	Sectores Volados	Tiempo de Vuelo	Tiempo de Vigilia
Samn-Perelli Ultimo Descenso	Correlacion de Person	0.233	.896**	.690**	0.198
	Significancia (p<0.05)	0.073	0	0	0.129

Se llega a encontrar una tendencia al cruzar las variables de fatiga en el último descenso del día, el momento del día en que se realiza la operación aérea y los sectores volados (figura 3).

Figura 3: Fatiga en el último descenso, Tiempo de Día y sectores volados.



*SP U.Descenso: Fatiga en el Último descenso del día

Se realizó un análisis multivariado de fatiga en el último descenso, tiempo de trabajo, sectores volados y tiempo de vuelo, donde se encontró una relación estadística significativa. Cuando se realiza el análisis con el tiempo de día en que

se realizó la actividad aérea, no se encuentra relación estadística significativa ($p=0.054$, intervalo de confianza al 95%) pero la tendencia queda demostrada en la figura 3.

Tabla 5: MANOVA: Fatiga ultimo descenso, piernas, hora de vuelo y trabajo

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power ^a
Corrected Model	DUTY TIME	102.378 ^a	4	25.595	4.266	.004	.237	17.065	.905
	PIERNAS	71.829 ^b	4	17.957	110.925	.000	.890	443.698	1.000
	HORA VUELO	80.842 ^c	4	20.210	13.666	.000	.498	54.662	1.000
Intercept	DUTY TIME	2287.908	1	2287.908	381.370	.000	.874	381.370	1.000
	PIERNAS	296.170	1	296.170	1829.476	.000	.971	1829.476	1.000
	HORA VUELO	420.548	1	420.548	284.359	.000	.838	284.359	1.000
SPU.DESCE NSO	DUTY TIME	102.378	4	25.595	4.266	.004	.237	17.065	.905
	PIERNAS	71.829	4	17.957	110.925	.000	.890	443.698	1.000
	HORA VUELO	80.842	4	20.210	13.666	.000	.498	54.662	1.000

7. DISCUSION

El presente estudio examino la fatiga en el último descenso del día a través de las operaciones aéreas que realizan dos pilotos en cabina, de vuelos nacionales en Colombia.

Se encontró que un 66% de los pilotos sufren de somnolencia diurna leve y la mayoría de los pilotos estudiados tenían aparentemente una adecuada cantidad de horas de sueño en la noche previa al trabajo, no se encuentra relación operacional y no se puede encontrar causa directa debido a que no se hizo una evaluación médica completa, pero se encontró que la programación adecuada por parte de la empresa, se hace respetando los límites implantados por el Reglamento Aeronáutico de Colombia, donde refiere un máximo de 12:30 horas de trabajo y 8 horas de vuelo por día.

La recopilación de datos simulando el método utilizado por Powell en Nueva Zelanda fue relativamente simple para los pilotos, pero por limitaciones en las operaciones aeronáuticas, no se logró obtener una mayor cantidad de muestra, pero demuestra que es una forma práctica de recopilar información y ser la más cercana a la medición de la fatiga operacional sin interferir en la funciones de vuelo (41).

Se halló un aumento de fatiga directamente proporcional a la cantidad de sectores volados durante un día de trabajo, como lo demuestran los estudios internacionales donde refieren que el principal factor que influye en la fatiga en vuelos de corto alcance (22) se deben principalmente al número de sectores (23), que están condicionados además por los despertares tempranos en días consecutivos para inicio de actividades de vuelo (19). Además, este factor es relacionado con el tiempo de trabajo (22, 23) y el tiempo de día donde se realizan las fases críticas de vuelo (19, 22, 23). En el estudio, no se encontró relación directa con el tiempo del día, tiempo de trabajo ni con el tiempo de vigilia al momento del último descenso, pero se evidencio la tendencia, posiblemente no es de fácil apreciación por la limitación poblacional. Sin embargo, se encontró una

correlación entre el tiempo de vuelo y el nivel de fatiga en el último descenso del día.

Con este estudio se reafirma que la fatiga es multifactorial, que es difícil de cuantificar de manera objetiva y por presentar alteración de las funciones cognitivas y no fácil percepción de las limitaciones en el desempeño; es por lo cual, la única manera de controlarla al momento es poniendo en práctica las contramedidas a través de sistemas de gestión de riesgo en fatiga, y de forma correcta y consciente, recalcar que los factores humanos son la principal amenaza a la seguridad aérea y la fatiga un componente primario controlable si la tripulación y compañía se interesan en la seguridad aérea.

Las limitaciones en el presente estudio fueron varias, la primera limitante del estudio, fue el número total de la población, por ser pequeño, origina que no sea una muestra adecuada para el análisis estadístico. La segunda limitante fue la difícil obtención de la información durante inicios de los estudios por motivos operacionales y baja adherencia al estudio por el personal. La tercera limitante es que la forma de medición es de forma subjetiva, a pesar que tiene una buena correlación cuando se aplica sinceramente, no es tan fidedigna como una medición objetiva. La cuarta limitante es el tener que creer en los datos brindados por el personal, debido a que podrían enmascarar los factores que influyen con la fatiga.

8. CONCLUSIONES

Para concluir se debe entender que la fatiga es multidimensional y tiene varios componentes y factores a tomar en cuenta; los más relevantes han sido los operacionales, pero siempre cada estudio enfatiza que no son los únicos responsables debido a la intervención de factores individuales, de enfermedad y ambientales. A esto le agregamos la dificultad de cuantificar la fatiga de manera objetiva. La única manera de controlarla al momento es poniendo en práctica las contramedidas a través de sistemas de gestión de riesgo en fatiga, y de forma correcta y consciente, recalcar que los factores humanos son la principal amenaza a la seguridad aérea y la fatiga un componente primario controlable si la tripulación y compañía se interesan en la seguridad aérea.

9. RECOMENDACIONES

- Al presentar el mayor porcentaje de Somnolencia diurna leve, a pesar de que tienen un adecuado tiempo de sueño pero con una programación habitual de despertares tempranos, por la mayoría de operaciones a tempranas horas de la mañana, se recomendaría que se promocióne la higiene del sueño a toda la tripulación, debido a que la cantidad de dormir no siempre es un buen indicativo de una calidad de sueño adecuado.
- Por la relación entre fatiga y número de sectores volados, se recomendaría que la programación de vuelos tenga como límite 4 a 5 sectores volados por día para cada piloto.
- La interacción entre horas de vuelo, tiempo de trabajo y vigilia, se recomendaría que en la programación de vuelos, se tenga en cuenta los valles circadianos para realizar las fases críticas del sueño, evitando así el sinergismo de estas variables y detrimento del desempeño.
- Implementar en largos periodos de trabajo, las siestas operacionales, ya sea en tierra o en la cabina durante escalas mayores a 2 horas, para lograr siestas de 30 minutos y 1 hora de seguridad para evitar la inercia del sueño.
- El presente estudio debe ser el punto de partida a próximas investigaciones, basándose en la metodología empleada, ya que, ha demostrado facilidad para recolección de datos, menor interrupción operacional y es posible conseguir una mayor cantidad de datos, sabiendo la relación que existe entre la fatiga y la seguridad operacional, siendo de vital importancia para la seguridad aérea.

ANEXOS

Anexo 1: Formato 1

HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

FORMATO 1

CEDULA		email	
EDAD		CARGO	SEXO
AÑOS DE EXPERIENCIA		HORAS DE VUELO	
MODELO DE AERONAVE		TIEMPO DE AUTONOMIA	
ESCALA DE SOMNOLENCIA DE EPWORTH – Versión Colombiana			
<p>¿Qué tan probable es que usted se sienta somnoliento o se duerma en las siguientes situaciones?</p> <p>Use la siguiente escala para escoger el número más apropiado para esta situación:</p> <p>0: Nunca se queda dormido 1: Escasa probabilidad de quedarse dormido 2: Moderada probabilidad de quedarse dormido 3: Alta probabilidad de quedarse dormido</p>			
			Puntaje
Sentado leyendo			
Mirando TV			
Sentado e inactivo en un lugar publico			
Como pasajero en un carro durante una hora de marcha continua			
Acostado, descansando en la tarde			
Sentado y conversando con alguien			
Sentado, tranquilo, después de almuerzo sin alcohol			
En un carro, mientras se detiene unos minutos en un trancón			

Anexo 2: Formato 2

HOJA DE RECOLECCION DE DATOS

FORMATO 2

CODIGO		FECHA	
HORA DE ACOSTARSE		HORA DE LEVANTARSE	
HORA INGRESO AL TRABAJO		TIEMPO DE TRABAJO	
SIESTA PREVIA AL TRABAJO	SI	NO	CUANTO TIEMPO
NUMERO DE SECTORES		TIEMPO DE VUELO	
HORA DEL ULTIMO DESCENSO		HORAS DORMIDAS EN NOCHE PREVIA	
ESCALA DE SAMN PERELLI	INGRESO A CABINA	ANTES DEL ULTIMO DESCENSO	APAGAR MOTORES
<p>1 = <i>Muy alerta, ampliamente despierto</i> 2 = <i>Muy animado, sensible, pero no al máximo</i> 3 = <i>OK, algo fresco</i> 4 = <i>Poco cansado, menos que fresco</i> 5 = <i>Moderadamente cansado, toma de malas decisiones.</i> 6 = <i>Extremadamente cansado, muy difícil concentrarse</i> 7 = <i>Completamente exhausto, inhabilitado para funciones efectivas</i></p>			

BIBLIOGRAFIA

1. Nijrolder I. Diagnoses during follow-up of patients presenting with fatigue in primary care. *CMAJ*, 2009 Nov 10;181(10):683-7.
2. Nijrolder I, Van de Windt D, Van der Horst H. Prediction of outcome in patients presenting with fatigue in primary care. *Br J Gen Pract*. 2009 Apr; 59(561):e101-9.
3. G.J Salazar MD. Fatigue in Aviation. FAA Civil Aerospace Medical Institute Publication #OK07-193.
4. Mitler, M.M., Miller, J.C., Lipsitz, J.J., Walsh, J.K., Wylie, C.D. The sleep of long-haul truck drivers. *N Engl J Med* 1997; 337:755-762.
5. Avers, K., Johnson, W.B. A review of federal aviation administration research: transitioning scientific results to the aviation industry. *Aviation Psychology and Applied Human Factors* 2011; 1(2):87–98.
6. Organización de Aviación Civil Internacional. Fatigue Risk Management Systems. Julio 2011.
7. Federal Aviation Administration. Flight crew Member Duty and Rest Requirements: Final Rule. *Federal Register* 2012; pp.77.
8. Drury, D.A., Ferguson, S.A., Thomas, M.J.W. Restricted sleep and negative affective states in commercial pilots during short haul operations. *Accident Analysis and Prevention* 2012; 455:80–84.
9. Federal Aviation Administration. US Department of transportation. Advisory Circular 120-100, Julio 2010.
10. Co EL, Gregory KB, Johnson JM, & Rosekind MR. Crew factors in flight operations XI: A survey of fatigue factors in regional airline operations. NASA Ames Research Center; 1999. Report No: NASA/TM–1999–208799.
11. Craig A. Jackson Laurie Earl. Prevalence of fatigue among commercial pilots. *Occup Med (Lond)*. 2006 Jun; 56 (4):263-8.
12. Caldwell JA, Mallis MM, Caldwell JL, Paul MA, Miller JC, Neri DF. Fatigue Countermeasures in Aviation. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 2009 Jan; 80(1):29-59.
13. Petrie, K.J., Powell, D., Broadbent, E. Fatigue self-management strategies and reported fatigue in international pilots. *Ergonomics* 2004; 47(5):461–468.

14. Taneja, N. Fatigue in aviation: a survey of the awareness and attitudes of Indian Air Force pilots. *The International Journal of Aviation Psychology* 2007; 17(13):275–284.
15. Williamson, A., Lombardi, D.A., Folkard, S., Stutts, J., Courtney, T.K., Connor, J.L. The link between fatigue and safety. *Accident Analysis and Prevention* 2011; 43(2):498–515.
16. Banks, S., Dings, D.F. Behavioral and physiological consequences of sleep restriction. *Journal of Clinical Sleep Medicine* 2007; 3(5):519–528.
17. Haavisto, M.L., Porkka-Heiskanen, T., Hublin, C., Härmä, M., Mutanen, P., Müller, K., Sallinen, M. Sleep restriction for the duration of a work week impairs multitasking performance. *Journal of Sleep Research* 2010; 19(3):444–454.
18. Beth M. Hartzler. Fatigue on the flight deck: The consequences of sleep loss and the benefits of napping. *Accident Analysis and Prevention* 2014; 62:309–318.
19. Samira Bourgeois-Bougrine, Philippe Carbon, Charlotte Gounelle, Regis Mollard, and Alex Coblentz. Perceived Fatigue for Short- and Long-Haul Flights: A Survey of 739 Airline Pilots. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 2003; Oct; 74 (10):1072-7.
20. William D. S. Killgore, Nancy L. Grugle, Rebecca M. Reichardt, Desiree B. Killgore and Thomas J. Balkin. Executive Functions and the Ability to Sustain Vigilance during Sleep Loss. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 2009 Feb; 80(2):81-7.
21. Are pilots at risk of accidents due fatigue? Jeffrey H. Godde. *J Safety Res.* 2003; 34(3):309-13.
22. David Powell, Mick B. Spencer, David Holland, and Keith J. Petrie. Fatigue in Two-Pilot Operations: Implications for Flight and Duty Time Limitations. *Aviation, Space and Environmental Medicine.* 2008; Nov; 79(11):1047-50.
23. Pilot fatigue in short-haul operations: Effects of the number of sectors, Duty length and time of day. David M. C. Powell, Mick B. Spencer, David Holland, Elizabeth Broadbent, and Keith J. Petrie. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 2007; Jul; 78(7):698-701.
24. M.T. de Mello, A.M. Esteves, M.L.N. Pires, D.C. Santos, L.R.A. Bittencourt, R.S. Silva et al. Relationship between Brazilian airline pilot errors and time of day. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research* 2008; Vol. 41:1129-1131.

25. Renée M. Petrilli; Gregory D. Roach; Drew Dawson; Nicole Lamond. The Sleep, Subjective Fatigue, and Sustained Attention of Commercial Airline Pilots during an International Pattern. *Chronobiology International* 2006; 23(6):1357-62.
26. Alexander Samel, Hans-Martin Wegmann and Martin Vejvoda. Aircrew fatigue in long-haul operations. *Accident, analysis and prevention*. 1997; Vol. 29, No. 4:439-452.
27. John A. Caldwell. Fatigue in aviation. *Travel Medicine and Infectious Disease* 2005; 3:85-96.
28. Jin-Ru Yen, Chiung-Chi Hsu, Hero Ho, Fong-Fu Lin, Shih-Hsiang Yu. Identifying flight fatigue factors: An econometric modeling approach. *Journal of Air Transport Management* 2005; 11:408-416.
29. Gregory D. Roach, David Darwent, Tracey L. Sletten, Drew Dawson. Long-haul pilots use in-flight napping as a countermeasure to fatigue. *App Ergonomics* 2011; 42:214-218.
30. Claire A. Eriksen, Torbjörn Åkerstedt, and Jens P. Nilsson. Fatigue in Trans-Atlantic Airline Operations: Diaries and Actigraphy for Two- vs. Three-Pilot Crews. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 2006 Jun; 77(6):605-12.
31. Ann Williamson, Rena Friswell. Investigating the relative effects of sleep deprivation and time of day on fatigue and performance. *Accident Analysis and Prevention* 2011; 43:690-697.
32. Johannes Mathis, Christian W. Hess. Sleepiness and vigilance tests. *Swiss Med Wkly* 2009; 139(15–16):214–219.
33. Sherwood W. Samn, Layne P. Perelli. Estimating aircrew fatigue: a technique with application to airlift operations. *USAF School of Aerospace Medicine*. December 1982.
34. Fidias E. Leon-Sarmiento, Didier G. Prada, Claudia Gutiérrez. Pupila, pupilometría y pupilografía. *Acta Neurológica Colombiana* 2008; 24:188-197.
35. Laura M. Rowland, Maria L. Thomas, David R. Thorne, Helen C. Sing, Jeffrey L. Krichmar, H. Quigg Davis, et al. Oculomotor Responses During Partial and Total Sleep Deprivation. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 2005 Jul; 76(7 Sup):C104-13.

36. Laura E. McClelland, June J. Pilcher, and D. DeWayne Moore. Oculomotor Measures as Predictors of Performance during Sleep Deprivation. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 2010 Sep; 81 (9):833-42.
37. Mark R. Rosekind, Kevin B. Gregory, and Melissa M. Mallis. Alertness Management in Aviation Operations: Enhancing Performance and Sleep. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 2006 Dec; 77 (12):1256-65.
38. Terry McMahon and David G. Newman. Caffeine Chewing Gum as an In-Flight Countermeasure to Fatigue. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 2011; Apr; 82(4):490-1.
39. Driskell, J.E., Mullen, B. The efficacy of naps as a fatigue countermeasure: a meta-analytic integration. *Human Factors* 2005; 47 (2),360–377.
40. Holmes, A., Al-Bayat, S., Hilditch, C., Bourgeois-Bourgrine, S. Sleep and sleepiness during an ultra-long-range flight operation between the Middle East and United States. *Accident Analysis and Prevention* 2012; 455(Supp.),27–31.
41. David M. C. Powell, Mick B. Spencer, and Keith J. Petrie. Automated Collection of Fatigue Ratings at the Top of Descent: A Practical Commercial Airline Tool. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 2011 Nov; 82 (11):1037-41.