

---

# **ELEMENTOS PARA EL ANÁLISIS DE LA SEGURIDAD EN EL TRANSPORTE AEREO COMERCIAL EN MÉXICO**

**Secretaría de Comunicaciones y Transportes  
Instituto Mexicano del Transporte**

CIUDAD DE MÉXICO

Av. Patriotismo 683  
Col. Mixcoac  
03730 México, D.F.  
Tels. 5598 3863  
5598 5610  
55985218  
5598 5871  
Fax 5598 6457

SANFANDILA

Km 4+000, Carretera  
Los Cues-Galindo  
76700 P. Escobedo, Qro.  
Tels. (42) 16 97 77  
16 96 46  
16 95 97  
Fax (42) 16 96 71  
Internet <http://www.imt.mx>

---

**Secretaría de Comunicaciones y Transportes**  
**Instituto Mexicano del Transporte**

**Elementos para el análisis de la  
seguridad en el transporte aéreo  
comercial en México**

**Publicación Técnica No. 152**  
**Sanfandila, Qro. 2000**

---



Este trabajo fue realizado en el Instituto Mexicano del Transporte por Alfonso Herrera García, investigador; con la dirección, comentarios y sugerencias de Roberto Aguerrebere Salido, Coordinador de Integración del Transporte; y de Francisco Heredia Iturbe, investigador de la misma Coordinación; y con la colaboración de José Luis Bermúdez y Mares y Enrique Márquez Parra en la integración final del documento.



# Indice.

---

Resumen	IX
Abstract	XI
Resumen ejecutivo	XIII
1. Introducción	1
1.1. Experiencias recientes del tratamiento institucional de la seguridad aérea en los Estados Unidos de América	1
1.2. El factor humano en los accidentes aéreos	13
1.3. Cambios en los modelos de seguridad	15
2. Marco jurídico de la seguridad en el transporte aéreo	19
2.1. El convenio sobre aviación civil internacional y la seguridad aérea	19
2.2. Las leyes mexicanas y la seguridad aérea	23
3. Nivel de seguridad del transporte aéreo comercial en México, en relación con parámetros internacionales	27
3.1. Marco de referencia	27
3.2. Implicaciones de las tendencias de los índices de accidentes internacionales	35
3.3. La seguridad aérea y su relación con la modernidad de las aeronaves y las políticas de mantenimiento y entrenamiento de las aerolíneas	37
3.4. Los accidentes aéreos en México	39
3.4.1. Localización de los accidentes de aeronaves con matrícula XA	46
3.4.2. Fases de vuelo en las que se presentan los accidentes de la aviación comercial en México	47
3.4.3. Factores cooperantes de los accidentes de la aviación comercial en México	48
3.5. Comparación de los índices de accidentes de México contra los de países miembros de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI)	56
4. Conclusiones y recomendaciones	61
Referencias	67

Anexo A.- Razones probables por las que la industria aeronáutica de los Estados Unidos ha considerado como inaceptable el incremento en el número de accidentes aéreos con pérdida total de aeronave	71
Anexo B.- Herramientas desarrolladas por los fabricantes de aeronaves para ayudar a las aerolíneas a controlar el error humano	75
Anexo C.- Introducción al marco conceptual sistémico de los accidentes aéreos	79
Anexo D.- Tránsito mundial en servicios aéreos	91
Anexo E.- Principales características de las distintas generaciones de aeronaves	95
Anexo F.- Cálculo de los índices de accidentes de las líneas aéreas comerciales nacionales de servicio regular, años 1993-1999	101

## **Índice de figuras.**

Figura 1.1. Número de accidentes en la aviación comercial, con pérdida total de aeronave, por cada millón de aterrizajes, durante el periodo 1988-1997.	3
Figura 1.2. Accidentes con pérdida total de aeronave, en el ámbito mundial, por fase vuelo, durante el periodo 1988-1997	6
Figura 1.3. Pronósticos para nuevos diseños de aeronaves.	6
Figura 1.4. Agenda de Cielos Seguros de la <i>Federal Aviation Administration</i> (FAA).	10
Figura 1.5. Miembros y composición del Grupo de Seguridad para la Aviación Comercial.	12
Figura 1.6. Tendencias de los accidentes aéreos para diferentes generaciones de aeronaves, periodo 1960-1996.	16
Figura 3.1. Accidentes aéreos fatales en las líneas aéreas comerciales de servicio regular de los países miembros de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).	28
Figura 3.2. Pasajeros muertos como consecuencia de los accidentes aéreos, en las líneas aéreas comerciales de servicio regular de	

---

los países miembros de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).	28
Figura 3.3. Pasajeros muertos por cada 100 millones de pasajeros-kilómetro generados en las líneas aéreas comerciales de servicio regular de los países miembros de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).	30
Figura 3.4. Accidentes fatales por cada 100 millones de kilómetros volados por las líneas aéreas comerciales de servicio regular de los países miembros de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).	31
Figura 3.5. Accidentes fatales por cada 100,000 horas volados por las líneas aéreas comerciales de servicio regular de los países miembros de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).	32
Figura 3.6. Accidentes fatales por cada 100,000 aterrizajes efectuados por las líneas aéreas comerciales de servicio regular de los países miembros de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).	32
Figura 3.7. Porcentaje de accidentes con pérdida total de aeronave, en el ámbito mundial, por fase de vuelo, durante el periodo 1988-1997.	33
Figura 3.8. Factores cooperantes primarios de los accidentes con pérdida total de aeronave, en el ámbito del transporte comercial mundial en aeronaves de reacción.	34
Figura 3.9. Pasajeros muertos por cada 100 millones de pasajeros-kilómetro generados en las líneas aéreas comerciales de servicio regular de los países miembros de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).	35
Figura 3.10. Pronóstico, hasta el año 2018, del crecimiento del número de pasajeros-kilómetro generados en el transporte aéreo mundial de servicio regular.	36
Figura 3.11. Pérdida total de aeronaves por cada millón de despegues en aeronaves con matrícula de los E.U.A. y con matrícula distinta a la de los E.U.A.	38
Figura 3.12. Índice de accidentes para 2,507 aeronaves Boeing 727, de acuerdo con el número de ciclos de las aeronaves.	39
Figura 3.13. Accidentes aéreos totales en México.	41

Figura 3.14. Accidentes aéreos en México por tipo de matrícula.	41
Figura 3.15. Porcentaje de accidentes aéreos nacionales por tipo de matrícula.	42
Figura 3.16. Porcentaje de aeronaves nacionales por tipo de matrícula.	43
Figura 3.17. Número de muertos en accidentes aéreos de aeronaves con matrícula XA.	45
Figura 3.18. Número de aeronaves, con matrícula XA, totalmente destruidas en accidentes aéreos.	45
Figura 3.19. Accidentes aéreos de aeronaves con matrícula XA, durante el periodo 1993-1999, por estados en donde ocurrieron.	47
Figura 3.20. Accidentes de aeronaves con matrícula XA, años 1990-1999, por fase de vuelo.	48
Figura 3.21. Factores cooperantes primarios de los accidentes de aeronaves con matrícula XA, años 1990-1999.	49
Figura 3.22. Principales elementos que conforman a los factores cooperantes primarios de los accidentes de aeronaves con matrícula XA, años 1990-1999.	50
Figura 3.23. Accidentes y sus consecuencias, en líneas aéreas comerciales nacionales, de servicio regular y no regular.	52
Figura 3.24. Porcentajes de accidentes totales y fatales, por tipo de aeronave, para las aerolíneas comerciales nacionales de servicio regular y no regular (años 1993-1999).	53
Figura 3.25. Porcentajes de accidentes en las aerolíneas comerciales nacionales de servicio regular (años 1993-1997), en las distintas fases de vuelo.	53
Figura 3.26. Porcentajes de accidentes en las aerolíneas comerciales nacionales de servicio no regular (años 1993-1999), en las distintas fases de vuelo.	54
Figura 3.27. Factores cooperantes primarios de los accidentes de aeronaves en las aerolíneas comerciales nacionales de servicio regular (años 1993-1999).	55
Figura 3.28. Factores cooperantes primarios de los accidentes de aeronaves en las aerolíneas comerciales nacionales de servicio no regular (años 1993-1999).	55

Figura 3.29. Pasajeros muertos por cada 100 millones de pasajeros-kilómetro, en las aerolíneas comerciales de servicio regular, años 1993-1999.	57
Figura 3.30. Accidentes fatales por cada 100 millones de kilómetros volados por las aerolíneas comerciales de servicio regular, años 1993-1999.	58
Figura 3.31. Accidentes fatales por cada 100,000 horas voladas por las aerolíneas comerciales de servicio regular, años 1993-1999.	58
Figura 3.32. Accidentes fatales por cada 100,000 aterrizajes efectuados por las aerolíneas comerciales de servicio regular, años 1993-1999.	59
Figura C.1. Los accidentes como subconjunto del espacio de estados del sistema afectable.	79
Figura C.2. Modelo de las interrelaciones entre los sistemas perturbador y afectable.	80
Figura C.3. Proceso de producción de los factores cooperantes.	81
Figura C.4. Áreas de estados de un sistema.	87
Figura C.5. Etapas del sistema de transporte aéreo ante los factores cooperantes.	89
Figura D.1. Pasajeros transportados en los servicios aéreos de itinerario regular de los países miembros de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).	92
Figura D.2. Pasajeros-kilómetro generados por los servicios aéreos de itinerario regular de los países miembros de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).	92
Figura D.3. Toneladas de carga transportadas por los servicios aéreos de itinerario regular de los países miembros de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).	93
Figura D.4. Toneladas-kilómetro generadas por los servicios aéreos de itinerario regular de los países miembros de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).	93
Figura E.1. <i>De Havilland DH 106 Comet 4</i> .	95
Figura E.2. <i>Boeing 707</i> .	95
Figura E.3. <i>Douglas DC-8</i> .	95

Figura E.4. <i>Sud Aviation Caravelle.</i>	96
Figura E.5. <i>Boeing 727.</i>	96
Figura E.6. <i>McDonnell Douglas DC-9.</i>	96
Figura E.7. <i>Boeing 747-436.</i>	97
Figura E.8. <i>Douglas DC-10-30F.</i>	97
Figura E.9. <i>Lockheed L-1011-385 TriStar.</i>	97
Figura E.10. <i>Airbus Industrie A320.</i>	98
Figura E.11. <i>Boeing 777-200.</i>	98
Figura E.12. Motor turbo-abanico (PWA4000).	99

## **Indice de tablas.**

Tabla 2.1. Anexos de la Convención de Chicago.	20
Tabla 3.1. Información estadística de los accidentes en líneas aéreas comerciales de servicio regular (domestico e internacional) de los países miembros de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).	29
Tabla 3.2. Pronósticos del número de pasajeros muertos y del número de accidentes aéreos fatales, en las aerolíneas comerciales de servicio regular de los países miembros de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).	36
Tabla 3.3. Accidentes aéreos en México, años 1975-1999.	40
Tabla 3.4. Parque aeronáutico nacional, años 1990-1999.	42
Tabla 3.5. Impactos de los accidentes aéreos en México para las aeronaves con matrícula XA.	44
Tabla 3.6. Frecuencias de accidentes aéreos, de aeronaves con matrícula XA, por estado, años 1993-1999.	46
Tabla 3.7. Accidentes y sus consecuencias, en líneas aéreas comerciales nacionales.	51
Tabla 3.8. Índices de accidentes de las líneas aéreas comerciales nacionales de servicio regular.	56

---

Tabla A.1. Precios de aeronaves comerciales.	72
Tabla C.1. Impactos primarios de los factores cooperantes.	83
Tabla C.2. Impactos agregados de los factores cooperantes.	85
Tabla C.3. Clasificación de las transiciones.	87
Tabla D.1. Tránsito mundial total en servicios aéreos de itinerario regular tanto internacionales como domésticos de los países miembros de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).	91
Tabla F.1. Cálculo de los índices de accidentes de las líneas aéreas comerciales nacionales de servicio regular, años 1993-1999.	101

## **Indice de cuadros.**

Cuadro 1.1. Responsabilidad Compartida en la Seguridad Aérea.	2
Cuadro 1.2. Agenda de Seguridad de la Aviación Comercial.	8



## **Resumen.**

---

Dentro de la línea de investigación del Transporte Aéreo, este trabajo proporciona algunas ideas y principios que sirven para hacer una evaluación de la seguridad en el transporte aéreo comercial nacional.

En el primer capítulo del trabajo se presenta como fue la evolución del Grupo de Seguridad para la Aviación Comercial de los Estados Unidos, desde sus orígenes hasta las repercusiones de extender sus esfuerzos al ámbito mundial. También aquí se resalta la importancia del factor humano en la seguridad aérea. Dado que las personas son parte importante del sistema del transporte aéreo, son tanto una fuente de riesgos potenciales como también una forma de protección. Al final de este primer capítulo introductorio se mencionan cuáles han sido los cambios en los modelos de seguridad del transporte aéreo.

En el capítulo dos se establece la importancia de la reglamentación aérea, partiendo del Convenio sobre la aviación civil internacional de la OACI. En particular se señalan los anexos derivados de este Convenio, los cuales establecen los principios para la seguridad aérea internacional. También en este capítulo se hace mención de las actuales leyes y reglamentos en nuestro país.

En el capítulo tres se establece el marco de referencia que servirá más adelante para medir el desempeño de la seguridad en la aviación comercial nacional. En este capítulo también se establecen las implicaciones de las tendencias de los índices de accidentes en el ámbito mundial, se señala la importancia de las mejoras tecnológicas en la seguridad aérea y se analizan en forma genérica los datos estadísticos de los accidentes aéreos de México y el mundo.

En general la seguridad de las aerolíneas comerciales en el ámbito mundial ha mejorado continuamente, sin embargo, esta histórica tendencia de mejora ha sido muy lenta en años recientes. En el caso de México, los índices de accidentes de las aerolíneas comerciales de servicio regular, indican un buen desempeño de la seguridad aérea, aunque en los dos últimos años estos índices han tenido un repunte tal que nos hacen recordar que la seguridad aérea no se juzga a partir de una victoria estática, sino mediante los resultados del control dinámico de un riesgo permanente. Por ello nunca serán demasiados los esfuerzos dedicados a la prevención de los accidentes aéreos.



## **Abstract.**

---

This work gives some ideas and principles to undertake an assessment of the national commercial air transportation in regards to safety.

In the first chapter the evolution of the Commercial Aviation Safety Team of the United States, from the beginning to the repercussions of expanding the efforts to include the international aviation community is presented. Also here the importance of the human factors on the air safety is underlined. As long as human beings are an important part of the air transport system, they are both a source of potential hazard and a mean of protection. At the end of this introductory chapter the changes that have been made to the safety models of air transport are mentioned.

In chapter two the importance of air regulation, initiating with the Convention on International Civil Aviation of ICAO is established. In particular, the annexes to the Convention, which establish the principles for the international air safety are pointed out. Also in this chapter the actual laws and rules in Mexico are mentioned

In chapter three the reference frame that will be used further ahead to assess the performance of safety in the national commercial aviation is established. The implications of the trends of worldwide accident rates are established, as well as the importance of technological improvements in air safety. Finally the accident data of Mexico and worldwide are analyzed in a generic way.

The overall worldwide safety in commercial airlines has steadily improved, however, this historical trend of improvement in the air transport safety has been very slow in recent years. In the case of Mexico, the accident rates of commercial airlines on scheduled services indicate a satisfactory performance in the air safety. But the fact that during the last two years these rates have had an increment makes remember that safety cannot be judged as a static victory, but should be the result of a dynamic control of a permanent hazard. For that reason, the efforts to prevent air accidents never will be enough.



# Resumen ejecutivo.

---

## Introducción.

### **Experiencias recientes del tratamiento institucional de la seguridad aérea en los Estados Unidos de América.**

En enero de 1997 la Asociación del Transporte Aéreo de América, la empresa *Boeing* y la Asociación de Pilotos de Líneas Aéreas establecieron el Grupo Industrial de Estrategia de Seguridad (ISST). Este grupo fue formado al reconocerse la necesidad de una mejor coordinación de los distintos esfuerzos de la industria de la aviación estadounidense para lograr un incremento en los niveles de seguridad de la aviación comercial.

De acuerdo con el crecimiento proyectado de aeronaves y del tránsito aéreo, en el ámbito mundial se produciría aproximadamente un accidente con pérdida total de la aeronave cada semana, a partir del año 2016. El ISST consideró que estos valores eran inaceptables y por ello decidió mejorar la seguridad aérea, mediante un enfoque nuevo y coherente. Aunque su prioridad inicial fue reducir el índice accidentes aéreos en los Estados Unidos, también reconocieron la necesidad de extender sus esfuerzos a todo el mundo, especialmente al haberse detectado diferencias regionales significativas de los índices de accidentes.

Durante su primer año el ISST se dedicó a hacer una evaluación de los accidentes fatales y sus causas y al desarrollo de una agenda de seguridad estratégica. Estos esfuerzos culminaron, en diciembre de 1997, con la adopción y publicación de la Agenda de Seguridad de la Aviación Comercial. El análisis del ISST resultó por primera vez, en un esfuerzo coordinado para identificar las estrategias de intervención que tendrían los mayores resultados potenciales en la prevención de accidentes.

En el año de 1996 la Comisión de Seguridad en la Aviación de la Casa Blanca fue convocada para recomendar mejoras en la seguridad aérea. La comisión estableció como meta nacional de los Estados Unidos una reducción del 80% en el índice de accidentes aéreos fatales para el año 2007. En el año de 1997 esta comisión recomendó que la Administración Federal de Aviación de los Estados Unidos (FAA) y la industria deberían trabajar en forma conjunta para desarrollar un plan de seguridad estratégico integrado, con el fin de implantar las diversas recomendaciones de seguridad existentes; también recomendó que fueran establecidos indicadores de desempeño para evaluar el progreso en el cumplimiento de las metas de seguridad y sugirió revisiones periódicas del progreso hecho para alcanzar la meta de seguridad global. Como consecuencia, la FAA desarrolló su Agenda de Cielos Seguros, la cual fue dada a conocer públicamente en el mes de abril de 1998. Los elementos específicos de la Agenda de Cielos Seguros son muy similares a los establecidos en la Agenda de Seguridad de la Aviación Comercial del ISST.

En el año de 1998 el ISST cambio su nombre por el de Grupo Estratégico para la Seguridad de la Aviación Comercial, CASST. A mediados de es año el CASST y el gobierno de los Estados Unidos trabajaron conjuntamente para diseñar e implementar las bases para el proceso de seguridad en la aviación, el cual incluiría una representación total de todos los sectores de la aviación, así como los esfuerzos iniciales para allegarse socios en el ámbito internacional. La primera decisión fue la de cambiar los enfoques separados de la industria (ISST/CASST) y del gobierno, por un enfoque de cooperación entre ambas partes, y creando una nueva entidad que debería incluir a todos los involucrados. El resultado fue la conformación del Grupo de Seguridad para la Aviación Comercial (CAST).

En otoño de 1998, el CAST desarrolló un estatuto formal con metas y un plan estratégico. El grupo también eligió a sus primeros dos co-presidentes, uno del ámbito industrial y otro del gobierno. El CAST estableció como meta reducir en un 80% el índice de accidentes fatales de los Estados Unidos para el año 2007, de los operadores de transporte aéreo normados por las Regulaciones Federales de Aviación, Parte 121.

Antes de que el CAST hubiera sido formado, distintos grupos habían estado utilizando la información de los accidentes aéreos para determinar las principales áreas prioritarias en seguridad aérea. Estos grupos utilizaban la información para desarrollar conceptos que ayudarían a tomar acciones o intervenciones con el mejor potencial para prevenir accidentes futuros. El CAST ha consolidado y formalizado este proceso mediante el desarrollo de una estructura para el análisis de los accidentes e incidentes y la identificación de intervenciones prometedoras. El proceso incluye la colaboración de grupos de expertos para determinar las áreas de seguridad clave a través del análisis de los datos estadísticos de accidentes e incidentes.

### **El factor humano en los accidentes aéreos.**

La seguridad aérea ha sido reforzada recientemente mediante esfuerzos encaminados a aumentar el conocimiento de la influencia del factor humano en la generación de los accidentes aéreos. Por ello, las capacidades y limitaciones humanas deben ser tomadas en cuenta cuando se definan los diseños de los sistemas y antes de que entren en operación.

El error humano es un obstáculo para la seguridad aérea no sólo en las cabinas de las aeronaves sino también en todo proceso que involucra las operaciones de vuelo, desde el diseño y la fabricación de la aeronave y los equipos de navegación hasta las decisiones comerciales que afectan las operaciones diarias. Dado que el error humano es un factor clave en la generación de los accidentes aéreos actualmente están siendo desarrolladas diversas herramientas para su control.

## **Cambios en los modelos de seguridad.**

Las propuestas para abordar los problemas de la seguridad aérea han evolucionado a través de los años desde un enfoque centrado en el rendimiento individual hasta propuestas que dan énfasis a las fallas sistémicas. Sin embargo, será necesaria una mejora evolutiva de propuestas antes de que la comunidad aeronáutica pueda resolver los retos de los años por venir.

Hasta principios de los años ochenta, los errores individuales de los pilotos fueron un factor clave a considerar en el análisis de accidentes. Los años noventa han sido la década de la aproximación sistémica, reconociendo las dimensiones organizacionales de la seguridad. Una revisión cuidadosa de esta evolución señala las dos direcciones principales en las que la forma de pensar ha cambiado. La primera dirección, es en el sentido de que el segmento del sistema que ha estado bajo vigilancia ha crecido continuamente. De interacciones individuales ha evolucionado, a través de interacciones locales, hasta interacciones organizacionales e interacciones mundiales. La segunda dirección de cambio, es en el sentido de que hay un crecimiento en complejidad del modelo del sistema. Inicialmente el modelo tenía un conjunto de interacciones entre sus componentes principales, después surgió un modelo en el cual se eslabonaba la estructura organizacional con una jerarquía de la seguridad en tiempo real. Finalmente, se estableció un acoplamiento cerrado de sistemas con su ambiente y se consideraron además los efectos indirectos de interrelaciones con componentes del sistema aparentemente independientes.

## **Marco jurídico de la seguridad en el transporte aéreo.**

### **El Convenio sobre aviación civil internacional y la seguridad aérea.**

Creada en 1944, cuando los delegados de 52 naciones se reunieron en Chicago para firmar el Convenio sobre aviación civil internacional, la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) ha estado inseparablemente vinculada desde entonces a la historia de la aviación. A ella se deben todas las normas técnicas y reglamentos, así como la elaboración del marco jurídico, que han permitido el desarrollo ordenado de la aviación civil internacional. Durante los últimos años, el logro primordial de la OACI en la esfera técnica, ha sido la materialización de un acuerdo, entre los países contratantes, sobre el nivel de normalización necesaria para la explotación segura, eficaz y regular de los servicios aéreos. Esta normalización se ha conseguido principalmente gracias a la adopción, por parte del Consejo de la OACI, de los Anexos al Convenio de Chicago. Los 18 Anexos hasta ahora adoptados abarcan todos los sectores de la actividad aeronáutica y tienen relación directa o indirecta con la seguridad aérea.

### **Las leyes mexicanas y la seguridad aérea.**

La legislación mexicana ha reflejado en la Ley de Vías Generales de Comunicación, en la Ley de Aviación Civil y en la Ley de Aeropuertos, los

principios básicos para la seguridad del transporte aéreo nacional. Relacionados directamente con las dos últimas leyes se tienen a los Reglamentos de la Ley de Aviación Civil y de la Ley de Aeropuertos, respectivamente. En el primero se regula la explotación, el uso o aprovechamiento del espacio aéreo situado sobre el territorio nacional, respecto de la prestación y desarrollo de los servicios de transporte aéreo, y en el segundo ordenamiento se tiene como objeto regular la construcción, administración, operación y explotación de los aeródromos civiles.

## **Nivel de seguridad del transporte aéreo comercial en México, en relación con parámetros internacionales.**

### **Marco de referencia.**

La tendencia mundial de la aviación comercial de servicio regular, en relación con el número de accidentes aéreos fatales y el número de pasajeros muertos como consecuencia de ellos, durante el periodo 1969-1999, es creciente en ambos casos. Sin embargo, el crecimiento del número absoluto de accidentes y del número de muertos como consecuencia de ellos, no son indicadores adecuados de la seguridad aérea, puesto que no consideran, por ejemplo, si se están transportando más pasajeros, si se está haciendo uso de un mayor número de aeronaves o si se están desplazando a una distancia mayor. Por lo anterior, es conveniente obtener índices de accidentes. Los principales índices de accidentes para la aviación mundial durante el periodo analizado, desde el año 1969 y hasta el año 1999, han presentado una tendencia a disminuir.

Un factor importante que se debe mencionar en relación con los accidentes aéreos, es la fase de vuelo donde se presenta el evento primario que origina al accidente. Se ha observado que alrededor del 70% de todos los accidentes, con pérdida total de aeronave, se presentan durante el despegue, ascenso inicial, aproximación final o aterrizaje. En términos del tiempo de exposición esto representa tan sólo el 6% del tiempo total de vuelo.

De acuerdo con algunos estudios de accidentes con pérdida total de aeronave, en el ámbito del transporte comercial mundial en aeronaves de reacción, el principal factor cooperante para los accidentes aéreos es atribuido al error de los pilotos, con el 70.5% de los casos, enseguida, aunque muy abajo del porcentaje anterior, se encuentra como factor primario la falla mecánica de la aeronave o de sus componentes con el 11.6% de los casos. Por su parte las condiciones meteorológicas adversas contribuyen con el 5.4% de los accidentes de este tipo y los accidentes originados por falta de mantenimiento de las aeronaves constituyen el 2.7% de los casos.

### **Seguridad aérea versus modernidad.**

Algunos autores han establecido que el índice de accidentes en el ámbito mundial podría reducirse a la mitad o aún más, si las aerolíneas de todo el mundo retiraran de servicio todas sus aeronaves de reacción de primera y segunda generación,

por aeronaves más recientes, de tercera y cuarta generación. Estos autores soportan su afirmación en gráficas de índices de accidentes de aviación, donde se observa que las aeronaves de tercera y cuarta generación han alcanzado y mantenido niveles de seguridad, que nunca habían sido obtenidos por las primeras generaciones de aeronaves.

### **Los accidentes aéreos en México.**

Una revisión de información estadística de los accidentes aéreos ocurridos en México, por tipo de matrícula, desde 1975 y hasta 1999, muestra que el número total de accidentes aéreos, para todos los tipos de aviación, ha tendido a disminuir notablemente, aunque cada vez en forma menos pronunciada.

Por tipo de matrícula, las aeronaves de servicio privado (matrícula XB) representan el mayor número de accidentes aéreos, en cambio, las aeronaves con matrícula de servicio al público (XA) y las aeronaves del Estado (XC) presentan menores frecuencias de accidentes. Lo anterior es en parte un reflejo del tamaño del parque aeronáutico nacional que constituye cada una de estas matrículas.

Aunque el número de accidentes con pérdida total de aeronave matrícula XA, presenta grandes fluctuaciones, su tendencia general es a disminuir.

Una revisión de las entidades federativas donde se han presentado más frecuentemente accidentes de aeronaves con matrícula XA, durante los últimos años, indica que existe una tendencia a la acumulación de estos accidentes en algunas regiones específicas del país. Los estados de Durango, Sinaloa y Chihuahua, son las entidades con mayor frecuencia de accidentes, puesto que acumulan el 41% de estos accidentes. Por su parte en el estado de Quintana Roo, también se produce un número significativo de accidentes aéreos (el 7%). Los estados de Michoacán, Jalisco y Nayarit acumulan en conjunto el 16.3% de estos accidentes. En total los siete estados arriba señalados acumulan casi dos tercios de los accidentes de aeronaves con matrícula XA.

En cuanto a las fases del vuelo en donde se presentan los accidentes aéreos de las aeronaves con matrícula XA, se ha observado que cerca del 59% de los accidentes aéreos, se presenta durante el despegue y el aterrizaje. En términos del tiempo de exposición esto representa tan sólo el 2% del tiempo total de vuelo.

En relación con los factores cooperantes primarios de los accidentes de aeronaves con matrícula XA, el principal factor es atribuido al error de los pilotos, con poco más del 64% de los casos, la falla mecánica del equipo o de los componentes constituye el 12.1% de los casos. Por su parte la falta de mantenimiento de las aeronaves contribuye con el 4.9% de los casos y las condiciones meteorológicas adversas constituye el 4.5% de los accidentes.

Los principales elementos que conforman a los grupos genéricos de los factores cooperantes señalados antes, son los siguientes. En el caso de los errores de los pilotos se tiene a la falta de cumplimiento con los procedimientos establecidos, el

uso inadecuado de los controles de la aeronave y el desconocimiento de algunos procedimientos de emergencia. En cuanto a los accidentes originados por fallas mecánicas del equipo o de los componentes, éstas comúnmente se presentan en el sistema del tren de aterrizaje o en los motores. Por su parte, entre los factores que conforman la falta de mantenimiento a la aeronave, destacan la falta de inspección de los sistemas de la misma o incluso su inspección inadecuada. Finalmente, en relación con las condiciones meteorológicas adversas, estas son debidas fundamentalmente a la presencia de vientos de gran intensidad sobre las pistas de los aeropuertos.

Conviene hacer una distinción, dentro de la aviación comercial, de las líneas aéreas de servicio regular y las de servicio no regular. De su análisis se observó que las líneas aéreas de servicio no regular son las que producen el mayor número de accidentes. Así mismo, las líneas aéreas de servicio no regular son las que producen el mayor número de accidentes fatales y por lo mismo el mayor número de pasajeros muertos.

En cuanto al tipo de aeronaves involucradas en los accidentes aéreos durante el periodo 1993-1999, para las aerolíneas de servicio regular, del total de accidentes, el 47.5% fueron aeronaves con motor turboreactor, el 43% fueron aeronaves con motor turbohélice y el 9.5% aeronaves con motor recíproco. De los accidentes fatales, el 50% fueron en aeronaves con motor turbohélice, el 25% en aeronaves con motor recíproco y el otro 25% en aeronaves con motor turboreactor.

En cuanto a las aerolíneas de servicio no regular, durante el periodo 1993-1999, del total de accidentes, el 73.7% fueron aeronaves con motor recíproco, el 11.8% fueron helicópteros, el 7.9% fueron aeronaves con motor turbohélice, y el 6.6% fueron aeronaves con motor turboreactor. En relación con los accidentes fatales, el 46.4% de los accidentes fueron en aeronaves con motor recíproco, el 21.4% en aeronaves con motor turboreactor, el 21.4% en helicópteros y el 10.7% en aeronaves con motor turbohélice.

También fue observado que tanto para las aerolíneas de servicio regular como para las de servicio no regular, un porcentaje significativo de los accidentes aéreos se presentan durante el despegue y el aterrizaje (el 52.4% y 60.6% respectivamente).

En relación con los factores cooperantes primarios de los accidentes en las aerolíneas comerciales nacionales de servicio regular y no regular, para el periodo 1993-1999, el principal factor fue atribuido al error de los pilotos, con el 61% y 65% de los casos, respectivamente. Por su parte la falta de mantenimiento a las aeronaves tiene un mayor impacto en la aviación regular, con el 10% de los accidentes, y en menor grado en la aviación de servicio no regular, con tan sólo un 3% de los accidentes. En forma inversa la falla mecánica de los equipos y componentes tiene un menor impacto en los accidentes de la aviación de servicio regular (5%) y mayor en los accidentes de la aviación no regular (11%). Las condiciones meteorológicas adversas afectan en la misma magnitud tanto a los

accidentes de las aerolíneas de servicio regular como a los de servicio no regular, con el 5% de los accidentes.

### **Comparación de los índices de accidentes de México contra los de países miembros de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).**

En el caso del índice de pasajeros muertos por cada 100 millones de pasajeros-kilómetro generados, desde el año 1993 y hasta el año 1998 los valores para México son mucho menores que los respectivos del conjunto de países miembros de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), sin embargo, en el año 1999 el valor del índice para México, tuvo un repunte tal que sobrepasa ligeramente el valor correspondiente al de los países miembros de la OACI.

En relación con el número de accidentes fatales por cada 100 millones de kilómetros volados, México tiene valores inferiores al del conjunto de países miembros de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), durante el periodo 1993-1997. Sin embargo, en el año de 1998 México tuvo un incremento significativo en este índice, el cual resultó muy similar al que presentó el conjunto de países miembros de la OACI.

Respecto a los índices de accidentes fatales por cada 100,000 horas voladas y por cada 100,000 aterrizajes efectuados, México tuvo valores semejantes a los presentados por el conjunto de países miembros de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) durante los años 1993 y 1994, posteriormente durante los años 1995 a 1997 los valores para México quedaron muy abajo de los valores respectivos de la OACI, finalmente durante el año de 1998, los índices para México tuvieron un repunte, que situaron a nuestro país con valores incluso mayores que los promedios mundiales de la OACI.

## **Conclusiones y recomendaciones.**

### **De la aviación mundial.**

- En términos de índices de accidentes históricamente, la seguridad de las aerolíneas en el ámbito mundial ha mejorado continuamente. Sin embargo, esta histórica tendencia de mejora ha sido muy lenta en años recientes. Aunque están actualmente en desarrollo sistemas eléctricos y electrónicos que producirán mejoras substanciales en la seguridad aérea, se requerirán varios años para que las aeronaves con estas innovaciones, reemplacen a la flota mundial actual. También hay que observar que aunque los índices de accidentes aéreos han tendido a mejorar continuamente, los valores de estos índices son muy distintos, cuando se comparan entre las distintas regiones geográficas del mundo.
- De acuerdo con las tendencias actuales en el ámbito mundial, el número absoluto de accidentes aéreos ha estado incrementándose y continuará haciéndolo. Debido a ello los países industrializados han iniciado esfuerzos

para revertir las tendencias. Dado que este problema es global, también han considerado la necesidad de mejorar la seguridad aérea en todos los países del mundo.

- Se ha observado que alrededor del 70% de todos los accidentes con pérdida total de aeronave se presentan durante el despegue, ascenso inicial, aproximación final o aterrizaje. En términos del tiempo de exposición esto representa tan sólo el 6% del tiempo total de vuelo.
- De acuerdo con algunos estudios de accidentes con pérdida total de aeronave, en el ámbito del transporte comercial mundial en aeronaves de reacción, el principal factor cooperante para los accidentes aéreos es atribuido al error de los pilotos (70.5% de los casos). Por ello, la seguridad aérea ha sido reforzada recientemente mediante esfuerzos encaminados a aumentar el conocimiento de la influencia del factor humano en la generación de los accidentes aéreos.
- Algunos autores han establecido que el índice de accidentes en el ámbito mundial podría reducirse a la mitad o aún más, si las aerolíneas de todo el mundo retiraran de servicio todas sus aeronaves de reacción de primera y segunda generación, por aeronaves más recientes de tercera y cuarta generación. Sin embargo, otros datos parecen indicar que el nivel de seguridad alcanzado por cada tipo de aeronave tiene que ver más con la calidad del entrenamiento de las tripulaciones y del mantenimiento de las aeronaves, que con el tipo y edad de la aeronave.

#### **De la aviación en México.**

- El número total de accidentes aéreos en México, para todos los tipos de aviación, ha tendido a disminuir notablemente, sin embargo, recientemente esta tendencia a disminuir es menos pronunciada.
- En cuanto al número de accidentes aéreos de acuerdo con el tipo de matrícula, se observa que las aeronaves de servicio privado (matrícula XB) representan el mayor número de accidentes aéreos, en cambio, las aeronaves con matrícula de servicio al público (XA) y las aeronaves del Estado (XC) presentan menores frecuencias de accidentes.
- Se observó una tendencia a la acumulación de los accidentes aéreos, de aeronaves con matrícula XA, en algunas regiones específicas del país.
- En relación con las fases del vuelo en donde se presentan los accidentes aéreos, se observó que cerca del 59% de los accidentes aéreos, de aeronaves con matrícula XA, se presentan durante el despegue y el aterrizaje. En términos del tiempo de exposición esto representa tan sólo el 2% del tiempo total de vuelo.

- Respecto a los factores cooperantes primarios de los accidentes de aeronaves con matrícula XA, el principal factor corresponde al error de los pilotos, con poco más del 64% de los casos, la falla mecánica del equipo o de los componentes constituye el 12.1% de los casos. Por su parte la falta de mantenimiento de las aeronaves contribuye con el 4.9% de los casos y las condiciones meteorológicas adversas constituye el 4.5% de los accidentes.
- Al hacer una distinción, dentro de la aviación comercial, de las líneas aéreas de servicio regular y las de servicio no regular, se observó que durante el periodo de años 1993-1999, las líneas aéreas de servicio no regular presentaron el mayor número de accidentes fatales (87.5%) y por lo mismo el mayor número de pasajeros muertos (72.5%).
- Se recomienda que una autoridad competente obtenga periódicamente los índices de accidentes de la aviación en México. En el caso de la aviación comercial, regular y no regular, se recomienda que se obtengan los índices para cada compañía aérea.

#### **De la aviación mundial y México.**

- En términos generales, una comparación de los cuatro principales índices de accidentes aéreos de México, contra los respectivos del conjunto de países miembros de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), indica un mejor desempeño de nuestro país durante el periodo 1993 a 1997, sin embargo, durante los años 1998 y 1999, estos índices para México han tenido un repunte tal que sus valores han resultado ser muy similares al del conjunto de países miembros de la OACI, o incluso ligeramente mayores.
- La distribución de accidentes de la aviación comercial nacional según los principales factores cooperantes es muy similar a la del grupo de países miembros de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI): alrededor de 2/3 atribuible a errores de los pilotos, 12% a fallas mecánicas, 5% a condiciones meteorológicas adversas y 3-5% a falta de mantenimiento.



# 1. Introducción.

---

## 1.1. Experiencias recientes del tratamiento institucional de la seguridad aérea en los Estados Unidos de América.

La seguridad es un pre-requisito fundamental para todos los modos de transporte. En años recientes en los países altamente industrializados se han tenido avances significativos en la seguridad operativa, sin embargo, un incremento en la demanda por un transporte más rápido y eficiente, tanto de gente como de mercancías, necesita mejoras continuas en las prácticas actuales de seguridad. Estas mejoras a su vez dependen en gran medida de la calidad de las investigaciones que se realizan en todos los modos de transporte.

Dado que los Estados Unidos de América tienen una gran influencia económica y tecnológica en México, es importante conocer como ese país ha desarrollado medidas tendientes a mejorar la seguridad de su transporte aéreo, lo cual puede servir como un antecedente para poder desarrollar estrategias institucionales de seguridad para el transporte aéreo en México.

En enero de 1997 la Asociación del Transporte Aéreo de América (ATA por sus siglas en inglés, *Air Transport Association of America*), la empresa *Boeing* y la Asociación de Pilotos de Líneas Aéreas (ALPA por sus siglas en inglés, *Air Line Pilots Association*) establecieron el Grupo Industrial de Estrategia de Seguridad (ISST por sus sigla en inglés, *Industry Safety Strategy Team*). Este grupo fue formado al reconocerse la necesidad de una mejor coordinación de los distintos esfuerzos de la industria de la aviación para lograr un incremento en los niveles de seguridad de la aviación comercial<sup>1</sup>.

En los Estados Unidos la responsabilidad de la seguridad aérea está compartida entre tres principales entidades: los fabricantes, los operadores y el gobierno (ver cuadro 1.1.). Sin embargo, la gente común y los medios de información también tienen alguna influencia en el proceso. En dicho país, la cooperación entre estas tres entidades ha resultado en un sistema que experimenta aproximadamente 2 millones de vuelos seguros por cada accidente mayor de la aviación comercial (ver Figura 1.1.). No obstante, se creyó necesaria una mejora en la comunicación de estas tres entidades. Los fundadores del ISST también reconocieron la necesidad estratégica de desarrollar una agenda guía para eliminar aquellos factores causales que comúnmente conducen a los accidentes en la aviación comercial, y cuya eliminación o mitigación redituaría los mayores beneficios, en cuanto a menores pérdidas de vidas humanas y materiales. Aunque se reconoció

---

<sup>1</sup> William G. Bozin, *Commercial Aviation Safety Team*, TR NEWS, Number 203, July-August 1999, Transportation Research Board, National Research Council, U.S.A., p. 4.

el papel crítico del gobierno, principalmente a través de la Administración de la Aviación Federal (FAA, por sus siglas en inglés, *Federal Aviation Administration*), en su responsabilidad compartida de la seguridad aérea, los fundadores del ISST decidieron iniciar sus trabajos solamente con el sector privado.

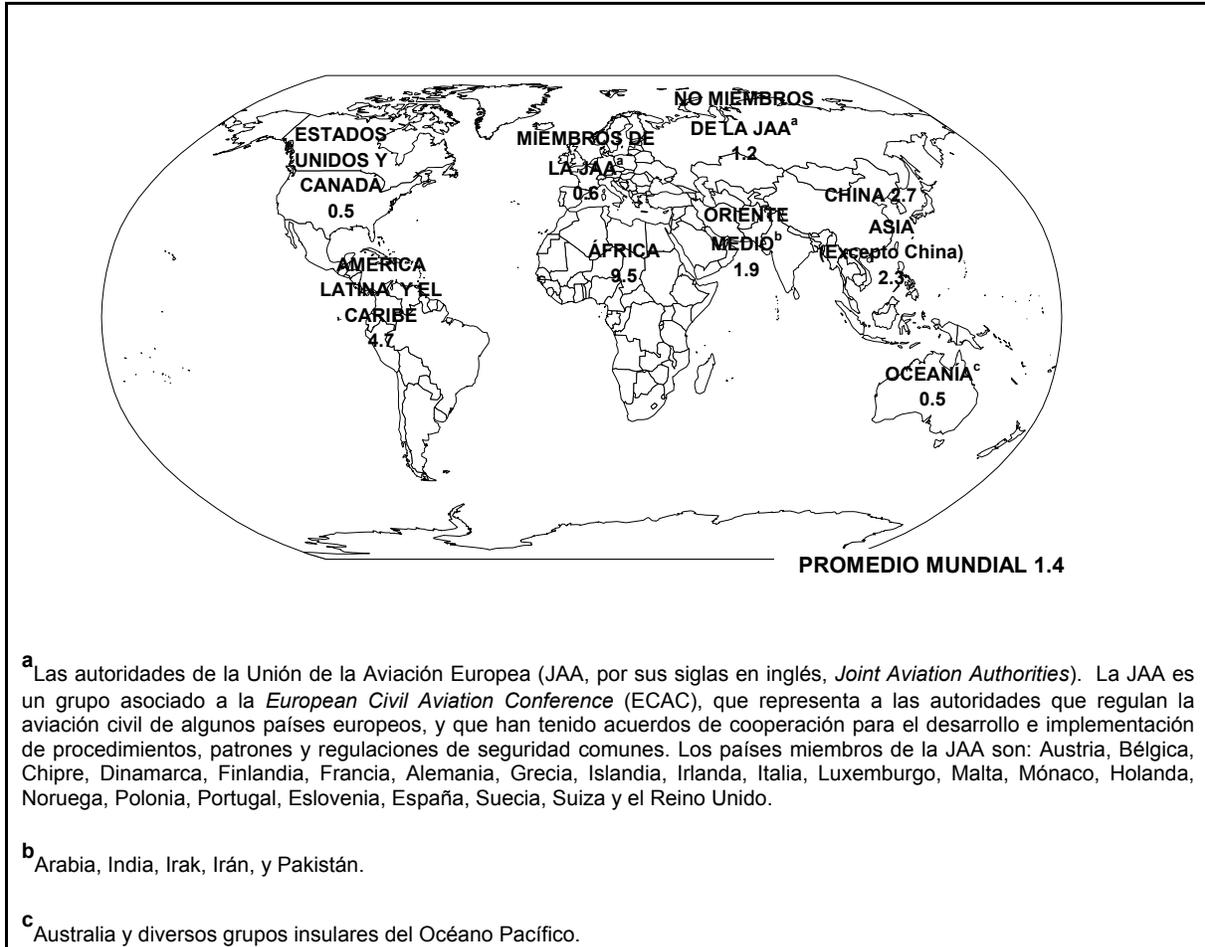
### **Cuadro 1.1.**

<p style="text-align: center;"><b>Responsabilidad Compartida en la Seguridad Aérea.</b></p> <p><b>Aeronave Segura + Operación Segura + Infraestructura Segura = Viaje Aéreo Seguro</b></p> <p><b>Los fabricantes son responsables de:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ El diseño seguro de la aeronave.</li><li>■ El desarrollo de tecnologías más seguras.</li><li>■ El soporte, entrenamiento y recomendaciones de las operaciones de mantenimiento y vuelo.</li><li>■ La planeación del mantenimiento.</li><li>■ El análisis de la seguridad aérea.</li><li>■ Iniciativas de seguridad.</li></ul> <p><b>Los operadores son responsables de:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ Los procedimientos y políticas de operación.</li><li>■ Las publicaciones de procedimientos para las aeronaves y pilotos.</li><li>■ Los programas de mantenimiento.</li><li>■ Los procedimientos y políticas de mantenimiento.</li><li>■ Las publicaciones para el mantenimiento.</li><li>■ Los programas de seguridad.</li><li>■ El entrenamiento.</li></ul> <p><b>El gobierno (incluyendo a los prestadores de servicio del tránsito aéreo) es responsable de:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ La Ley de Aviación.</li><li>■ La especificación de las operaciones.</li><li>■ Las reglamentaciones.</li><li>■ Las políticas de inspección, de procedimientos y de entrenamiento.</li><li>■ Leyes y regulaciones de seguridad, salud y ambientales.</li><li>■ Las operaciones e instalaciones para la navegación aérea.</li><li>■ La infraestructura aeroportuaria.</li><li>■ Los procedimientos y políticas en despachos, en ruta, en aproximación y en llegadas de las aeronaves.</li><li>■ Los servicios del control del tránsito aéreo.</li><li>■ Los análisis relacionados con la seguridad aérea.</li></ul>
--

Fuente: Elaboración propia con base en *William G. Bozin, Commercial Aviation Safety Team, TR NEWS, Number 203, July-August 1999, Transportation Research Board, National Research Council, U.S.A., p. 4.*

Los esfuerzos iniciales fueron dirigidos a incrementar el número de miembros del grupo, a definir específicamente los problemas a ser abordados y al desarrollo de una agenda estratégica de seguridad. El número de miembros fue rápidamente

incrementado al incluir a los fabricantes de aeronaves *Airbus Industrie* y *McDonnell Douglas*, a los fabricantes de motores para aviación, *General Electric* y *Pratt & Whitney*, y a la Asociación de Industrias Aeroespaciales (AIA, por sus siglas en inglés, *Aerospace Industries Association*) con la representación de todos sus miembros.



Fuente: Elaboración propia con base en *William G. Bozin, Commercial Aviation Safety Team, TR NEWS, Number 203, July-August 1999, Transportation Research Board, National Research Council, U.S.A., p. 5* y <http://www.trima.lv/avia/organiz/jaa.html>

### Figura 1.1. Número de accidentes en la aviación comercial, con pérdida total de aeronave, por cada millón de aterrizajes, durante el periodo 1988-1997.

Desde la introducción de las aeronaves con motores de reacción en el ámbito mundial, durante los años cincuentas, ha habido una inmensa mejoría en la seguridad aérea. Aunque el índice de accidentes se ha mantenido bajo, también se ha mantenido estable durante los últimos 10 años con un valor de aproximadamente 1.4 accidentes con pérdida total de aeronave<sup>2</sup> por cada millón

<sup>2</sup> Un accidente con pérdida total de aeronave, es aquel que origina que una aeronave deba ser removida de servicio en forma permanente.

de vuelos. Por otra parte, las proyecciones de la Boeing indican que el número de aeronaves comerciales grandes con motores de reacción en servicio se duplicará, durante el periodo comprendido entre los años 1997 al 2016 (pasando de 12,595 aeronaves en 1997 a más de 25,000 aeronaves para el año 2016). Con el crecimiento proyectado de aeronaves va asociado un crecimiento en el tránsito aéreo, los datos indican que en el ámbito mundial se producirá aproximadamente un accidente con pérdida total de la aeronave cada semana, a partir del año 2016. El ISST consideró que estos valores eran inaceptables (véase Anexo A) y por ello decidió mejorar la seguridad aérea, mediante un enfoque nuevo y coherente para solucionar esta situación.

Aunque la prioridad inicial del ISST fue reducir el índice accidentes aéreos en los Estados Unidos, también reconocieron la necesidad de extender sus esfuerzos a todo el mundo, especialmente al haberse detectado las diferencias regionales de los índices de accidentes, como se muestra en la Figura 1.1. Esta figura muestra las grandes diferencias de los índices de accidentes en distintas regiones del mundo. Los valores indican en cierta forma también grandes diferencias en infraestructura aérea. A la vez que la seguridad puede y debe ser mejorada en cada región, hay mayores oportunidades de mejora en algunas regiones que en otras, de esta manera la información regional debe ser considerada para perseguir un incremento en la mejoría de la seguridad.

Debe señalarse que aún en las regiones con un alto índice de accidentes, hay muchas aerolíneas cuyos registros de seguridad están dentro de los mejores del mundo.

Un examen de los datos estadísticos de los accidentes fatales en el ámbito mundial y en los Estados Unidos, para el periodo de años 1987-1996, revela semejanzas primarias pero también algunas diferencias. Aunque la principal causa de los accidentes aéreos en el ámbito mundial fue debida al impacto contra el terreno sin pérdida de control<sup>3</sup> (CFIT, por sus siglas en inglés, *Controlled Flight Into Terrain*), el principal problema en los Estados Unidos fue debido a la pérdida de control en vuelo. Otras áreas en las cuales los Estados Unidos se diferencian del resto del mundo son en cuanto a los accidentes originados por hielo/nieve y las invasiones de pista<sup>4</sup>. En el ámbito mundial ha habido cinco accidentes fatales originados por hielo/nieve, de los cuales tres involucran a aerolíneas norteamericanas. Más desconcertante es el hecho de que de los cuatro

---

<sup>3</sup> Esta situación se presenta cuando los pilotos vuelan sus aeronaves en o muy cerca del terreno sin percatarse de ello, comúnmente durante la noche o en condiciones nubosas. Como medida preventiva y correctiva de este problema en México se ha establecido el Anteproyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-070-SCT3-1999, que establece el uso obligatorio dentro del espacio aéreo mexicano del sistema de advertencia de la proximidad del terreno (GPWS) y su sistema mejorado (EGPWS), así como los procedimientos de instalación y operación en aeronaves civiles y del Estado distintas a las militares.

<sup>4</sup> Situación en la cual dos aeronaves se encuentran realizando en una misma pista y al mismo tiempo operaciones aéreas (despegues o aterrizajes).

accidentes fatales por invasión de pista en el mundo, los cuatro involucran a aerolíneas norteamericanas en aeropuertos norteamericanos.

Las estadísticas mundiales son útiles para determinar si una región en particular está arriba o abajo del promedio mundial de accidentes. Los valores bajos de los índices de accidentes de los Estados Unidos conducen a las siguientes dos inferencias:

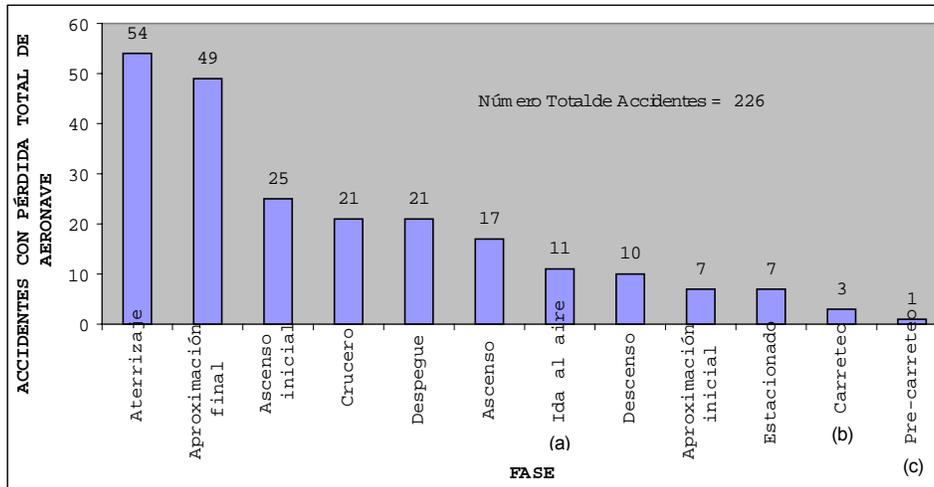
1. Un elemento clave para la seguridad aérea es una infraestructura madura con múltiples redundancias. En los Estados Unidos, por ejemplo, una cobertura completa de radar, combinada con radares de precaución de mínima altitud de seguridad y la instalación obligatoria de sistemas de advertencia de proximidad de suelo (GPWS), ha contribuido al número reducido de accidentes de impacto contra el terreno sin pérdida de control.
2. Para promover la reducción de los riesgos en el transporte aéreo en los Estados Unidos, será necesario aprender de las tendencias de los accidentes e incidentes en otras partes del mundo, en donde estas múltiples instalaciones y equipos redundantes aún no existen.

Otra forma de examinar la información estadística de los accidentes con pérdida total de la aeronave, es mediante la identificación de la fase de vuelo, dentro de la cual se presentó el accidente, ver Figura 1.2. Como lo revela esta figura, las fases de aterrizaje y aproximación final son las más peligrosas.

Muchas de las ideas para incrementar la seguridad aérea están dirigidas a mejoras tecnológicas de las aeronaves. Aunque tales mejoras son importantes, su impacto no será significativo, a menos que dichas mejoras puedan ser incorporadas en la flota aérea existente. Como se aprecia en la Figura 1.3, un gran porcentaje de los aviones que estarán operando en el año 2007 ya han sido construidos, y la mayor parte del resto ya han sido diseñados. Aunque los avances tecnológicos en las aeronaves, *avionics*<sup>5</sup>, y en la infraestructura del tránsito aéreo y en su diseño han ayudado a disminuir los índices de accidentes, no pueden producir reducciones significativas en esos índices, particularmente en el futuro inmediato.

---

<sup>5</sup> Anglicismo que se refiere a la electrónica aplicada a la aviación, se deriva de las palabras en inglés, *aviation electronics*. También es usada la palabra *aviónica*.



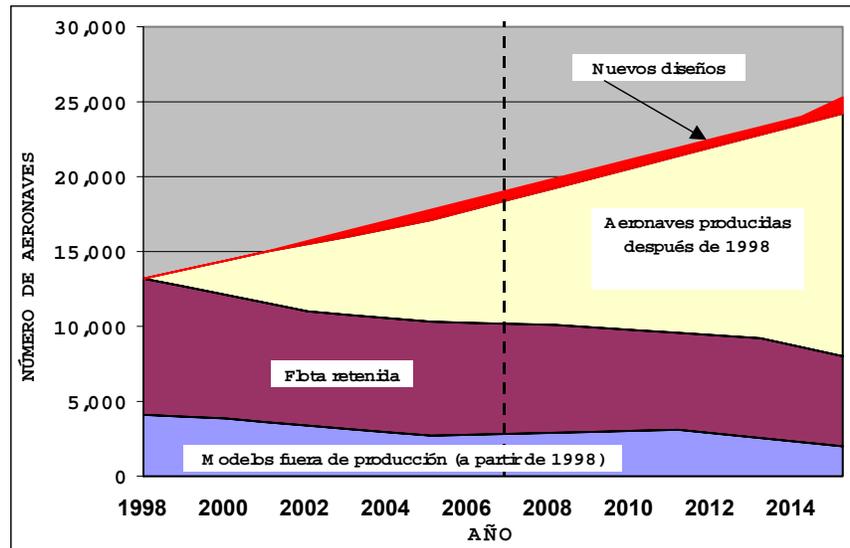
Notas: (a) El término “*ida al aire*” quiere decir que se abandona la aproximación de un aterrizaje, también se conoce como “*abortar el aterrizaje*”.

(b) El *carreteo* es el movimiento de la aeronave sobre las calles de rodaje, pistas o terreno, cuando es impulsada por su propia potencia.

(c) El *pre-carreteo* es el movimiento de la aeronave dentro del aeropuerto por algún tipo de remolque, comúnmente un tractor, es decir con potencia ajena a la aeronave.

Fuente: Elaboración propia con base en William G. Bozin, *Commercial Aviation Safety Team*, TR NEWS, Number 203, July-August 1999, Transportation Research Board, National Research Council, U.S.A., p. 6

**Figura 1.2. Accidentes con pérdida total de aeronave, en el ámbito mundial, por fase vuelo, durante el periodo 1988-1997.**



Fuente: Elaboración propia con base en William G. Bozin, *Commercial Aviation Safety Team*, TR NEWS, Number 203, July-August 1999, Transportation Research Board, National Research Council, U.S.A., p. 7.

**Figura 1.3. Pronósticos para nuevos diseños de aeronaves.**

Durante su primer año el ISST se dedicó a hacer una evaluación de los accidentes fatales y sus causas y al desarrollo de una agenda de seguridad estratégica. Estos esfuerzos culminaron, en diciembre de 1997, con la adopción y publicación de la Agenda de Seguridad de la Aviación Comercial (ver Cuadro 1.2.).

Durante muchos años, los distintos segmentos de la industria de la aviación habían estado desarrollando agendas de seguridad e implementando planes de seguridad. El análisis del ISST resultó por primera vez, en un esfuerzo coordinado para identificar las estrategias de intervención que tendrían los mayores resultados potenciales en la prevención de accidentes.

La agenda intenta ser un documento que puede ser actualizado, cambiando no en una forma preestablecida, sino conforme nuevos problemas se identifiquen y nuevas prioridades se presenten. Las estrategias de intervención identificadas en la Agenda de Seguridad de la Aviación Comercial son generalmente muy amplias, y fueron tomadas con base en una revisión estratégica inicial, sin embargo, provee la primera guía estratégica para mejorar la seguridad en la aviación comercial.

En el año de 1995 la FAA desarrolló un Plan de Seguridad en la Aviación que tenía como meta final llegar a un nivel de cero accidentes. En el año de 1996 la Comisión de Seguridad en la Aviación de la Casa Blanca (Comisión *Gore*<sup>6</sup>) fue convocada como resultado del accidente de una aeronave *Boeing 747* en *Long Island*, Estados Unidos<sup>7</sup>, para recomendar mejoras en la seguridad aérea. La comisión estableció como meta nacional de los Estados Unidos una reducción del 80% en el índice de accidentes aéreos fatales para el año 2007.

En el año de 1997 el Congreso de los Estados Unidos encargó a la Comisión de Revisión de la Aviación Civil Nacional (NCARC, por sus iniciales en inglés, *National Civil Aviation Review Commission*), que hiciera algunas recomendaciones a la FAA, para mejorar la seguridad en la aviación de dicho país.

---

<sup>6</sup> Esta comisión fue presidida por el Vicepresidente de los Estados Unidos *Al Gore*, su reporte final fue terminado el 12 de febrero de 1997 y consta de cuatro capítulos y 57 recomendaciones. La versión completa del reporte final puede consultarse en <http://www.aviationcommission.dot.gov/>

<sup>7</sup> Este accidente ocurrió el 17 de julio de 1996, alrededor de las 20:45 horas. Se trataba del vuelo 800 de TWA, una aeronave *Boeing 747-100* la cual se estrelló en el Océano Atlántico cerca de la costa de *Long Island* poco después de su despegue del aeropuerto internacional *Kennedy*. El avión iba en vuelo regular a París, Francia. El reporte inicial de testigos fue el de una explosión y después el descenso de los restos al océano. No hubo informe de la tripulación de vuelo reportando algún problema al control de tránsito aéreo. A bordo de la aeronave iban 212 pasajeros y una tripulación de 18 personas. La aeronave fue destruida totalmente y no hubo sobrevivientes. Ref. <http://dnausers.d-n-a.net/dnetGOjg/Disasters.htm>

## Cuadro 1.2.

<b>Agenda de Seguridad de la Aviación Comercial</b>	
<b>Seguridad en el vuelo.</b>	
◆	Reducción de accidentes por impacto contra el terreno sin pérdida de control (CFIT), por medio de una o más de las siguientes acciones: <ul style="list-style-type: none"><li>- Entrenamiento para evitar este tipo de accidentes.</li><li>- Instalación del sistema mejorado de advertencia de proximidad de terreno (EGPWS).</li><li>- Mejoría en la precisión de la navegación mediante el uso de Sistemas de Posicionamiento Global (GPS):</li></ul>
◆	Reducción en los accidentes por pérdida de control, mediante la mejoría en las habilidades de los pilotos, a través de la aplicación de nuevas herramientas y procesos de entrenamiento.
◆	Mejora del entrenamiento operacional y de los procedimientos, atendiendo principalmente a los errores humanos, mediante: <ul style="list-style-type: none"><li>- Aplicación de técnicas de administración de los recursos de la tripulación de vuelo.</li><li>- Desarrollo y cumplimiento con los procedimientos de operación estándar.</li><li>- Eliminación de las respuestas inadecuadas de la tripulación a situaciones fuera de lo normal.</li><li>- Mejorar la información para la tripulación.</li><li>- Mejorar la fidelidad de los simuladores de vuelo.</li></ul>
◆	Reducción de los accidentes durante la aproximación y aterrizaje mediante: <ul style="list-style-type: none"><li>- Aplicación de procedimientos de aproximación estabilizada.</li><li>- Énfasis en la opción de "ida al aire".</li></ul>
◆	Reducción de los accidentes e incidentes relacionados con turbulencia y estado del tiempo adverso, a través del desarrollo e implementación de programas de entrenamiento y sistemas para: <ul style="list-style-type: none"><li>- Detección de vientos cruzados.</li><li>- Detección de formación de hielo.</li><li>- Detección de estelas de turbulencia.</li><li>- Detección de turbulencia en aire claro.</li></ul>
◆	Reducción de los accidentes e incidentes por invasión de pista y calle de carreteo, por medio de: <ul style="list-style-type: none"><li>- La aplicación de un plan de acción para evitar la invasión de pista, elaborado en forma conjunta por el gobierno y la industria de la aviación.</li><li>- La instalación de un Sistema de Detección de Superficie en el Aeropuerto y un Sistema de Seguridad de Movimiento en el Aeropuerto.</li></ul>
<b>Seguridad en las cabinas.</b>	
◆	Mejorar la seguridad de las cabinas de pilotos y pasajeros, mediante la instalación de materiales resistentes al fuego y retardadores de su propagación.
◆	Reducir las lesiones en los pasajeros y en la tripulación de vuelo, mediante el desarrollo e implementación de: <ul style="list-style-type: none"><li>- Incremento en el cumplimiento con las políticas actuales o modificadas para el uso de los cinturones de seguridad.</li><li>- Programas de información y políticas operacionales para condiciones de turbulencia.</li><li>- Programas de evasión de condiciones turbulentas.</li><li>- Programas de entrenamiento.</li></ul>
◆	Mejora en la seguridad para pasajeros menores de dos años de edad, mediante el desarrollo y mejora de especificaciones de sujeción en sus asientos.
<b>Materiales y mantenimiento.</b>	
◆	Reducir fallas de motores no contenidas mediante el desarrollo de: <ul style="list-style-type: none"><li>- Técnicas mejoradas de inspección no destructiva.</li><li>- Programas de integridad de los rotores.</li><li>- Programas de mitigación de daños.</li></ul>
◆	Reducir los errores humanos en el mantenimiento mediante la implementación de: <ul style="list-style-type: none"><li>- Programas de reducción de errores de mantenimiento, tales como la administración de recursos de mantenimiento y la Ayuda en la Detección de Errores de Mantenimiento.</li><li>- Procedimientos de mantenimiento escalonado.</li><li>- Procedimientos normados de mantenimiento, registro y documentación.</li></ul>
<b>Información estadística de los accidentes aéreos.</b>	
◆	Compartir la información de los accidentes para su análisis entre los distintos grupos tanto del gobierno como de la industria.
◆	Encauzar los esfuerzos para la prevención de los incidentes y accidentes, mediante la recolección y análisis de información en las siguientes áreas y programas. <ul style="list-style-type: none"><li>- Bases de datos de accidentes e incidentes.</li><li>- Aseguramiento de la calidad de las operaciones de vuelo.</li><li>- Sistemas de reportes confidenciales (por ejemplo, Programas de Acción de Seguridad en la Aviación; y el Sistema de Intercambio de Seguridad en la Aviación de la Asociación del Transporte Aéreo).</li></ul>

Fuente: Elaboración propia con base en *William G. Bozin, Commercial Aviation Safety Team, TR NEWS, Number 203, July-August 1999, Transportation Research Board, National Research Council, U.S.A., p. 8.*

La NCARC recomendó que la FAA y la industria deberían trabajar en forma conjunta para desarrollar un plan de seguridad estratégico integrado, con el fin de

implantar las diversas recomendaciones de seguridad existentes; también recomendó que fueran establecidos indicadores de desempeño para evaluar el progreso en el cumplimiento de las metas de seguridad, y sugirió revisiones periódicas y el monitoreo del progreso hecho para alcanzar la meta de seguridad global. Como consecuencia, la FAA desarrolló su Agenda de Cielos Seguros (ver Figura 1.4), la cual fue dada a conocer públicamente en el mes de abril de 1998. Esta agenda se orienta a tres aspectos principales: la aviación comercial, la seguridad en la cabina de pasajeros y a la aviación general. Así mismo, la agenda reconoce la importancia de mejorar el análisis y la recolección de los datos estadísticos y también el impacto de los factores humanos en todos los aspectos de seguridad en la aviación.

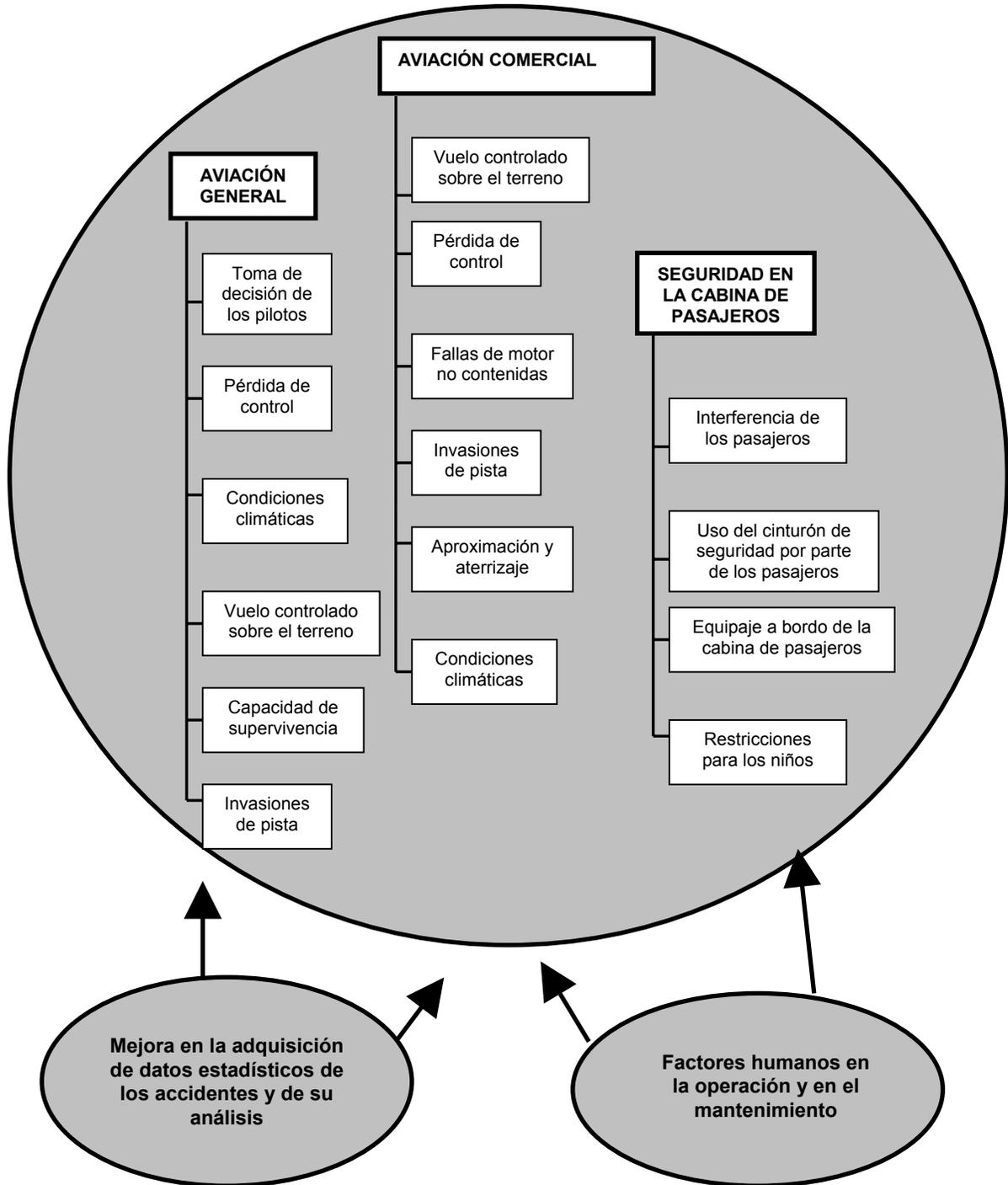
Debe observarse que los elementos específicos de la Agenda de Cielos Seguros en cuanto a la aviación comercial y a la seguridad en la cabina de pasajeros son muy similares a los establecidos en la Agenda de Seguridad de la Aviación Comercial del ISST, esta similitud no es casual. Como se mencionó antes, los fundadores del ISST tenían conocimiento de la importancia de la participación del gobierno (principalmente a través de la FAA) en los procesos de seguridad de la aviación, aunque habían decidido trabajar inicialmente con el sector privado. A finales del año 1997 los objetivos iniciales del ISST habían sido alcanzados y se comprometieron esfuerzos para agrandar el grupo incluyendo al sector gobierno.

A principios del año 1998, cuando la FAA estaba desarrollando su Agenda de Cielos Seguros, los representantes de la FAA y el ISST empezaron a tener reuniones para discutir como unir sus esfuerzos a favor de la seguridad aérea. Durante este periodo, el ISST cambio su nombre por el de Grupo Estratégico para la Seguridad de la Aviación Comercial, CASST por sus siglas en inglés (*Commercial Aviation Safety Strategy Team*). El esfuerzo por incluir al sector del gobierno no sólo se limitó a la FAA. Como resultado del reporte de la Comisión Gore<sup>8</sup>, la Administración del Espacio y de la Aeronáutica Nacional de los Estados Unidos (NASA, por sus siglas en inglés, *National Aeronautics and Space Administration*) estableció un Programa para la Seguridad en la Aviación (AvSP, por sus siglas en inglés, *Aviation Safety Program*<sup>9</sup>) para proporcionar soporte en las investigaciones y poder alcanzar la meta nacional de reducción, en un 80%, del índice accidentes en un periodo de 10 años. Con este fin, el AvSP, desarrolló en conjunto con la industria y agencias gubernamentales de los Estados Unidos acciones en relación con una gran variedad de problemas de seguridad aérea.

---

<sup>8</sup> Ver reporte completo en <http://www.aviationcommission.dot.gov/>

<sup>9</sup> Para más detalles de este programa de la NASA consultar <http://avsp.larc.nasa.gov/>



Fuente: Elaboración propia con base en William G. Bozin, *Commercial Aviation Safety Team*, TR NEWS, Number 203, July-August 1999, Transportation Research Board, National Research Council, U.S.A., p. 7.

**Figura 1.4. Agenda de Cielos Seguros de la FAA.**

A mediados del año 1998 el CASST y el gobierno de los Estados Unidos trabajaron conjuntamente para diseñar e implementar las bases para el proceso de seguridad en la aviación, lo cual incluiría una representación total de todos los sectores de la aviación, así como los esfuerzos iniciales para alegarse socios en el ámbito internacional. La primera decisión fue la de cambiar los enfoques separados de la industria (ISST/CASST) y del gobierno, por un sólo enfoque de cooperación entre ambas partes, y creando una nueva entidad que debería incluir a todos los involucrados. El resultado fue la conformación del Grupo de Seguridad para la Aviación Comercial (CAST por sus siglas en inglés, *Commercial Aviation Safety Team*).

El CAST incluye tanto a miembros de la industria como del sector gobierno de los Estados Unidos. La industria está comúnmente representada por *Aerospace Industries Association, Airbus, Airline Pilots Association, Allied Pilots Association, Air Transport Association, Boeing, Pratt & Whitney, General Electric, Regional Airline Association* y *Flight Safety Foundation*. Por su parte los miembros del gobierno incluyen al Departamento de Defensa de los Estados Unidos, la FAA, la NASA y las *Joint Aviation Authorities* de Europa. Los miembros del CAST también determinan aquellos aspectos de mayor interés para la mejora de la seguridad aérea, por ello han incluido dentro de sus grupos de actividades a la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), a la *International Air Transport Association* y a la *National Air Traffic Controllers Association*, estas organizaciones participan comúnmente como observadores.

En otoño de 1998, el CAST desarrolló un estatuto formal con metas y un plan estratégico. El grupo también eligió a sus primeros dos co-presidentes, uno del ámbito industrial y otro del gobierno. El CAST estableció como meta reducir en un 80% el índice de accidentes fatales de los Estados Unidos para el año 2007, de los operadores de transporte aéreo normados por las Regulaciones Federales de Aviación (*Federal Aviation Regulations, FAR*), Parte 121<sup>10</sup>, y a la vez trabajar en forma conjunta con aerolíneas, autoridades reguladoras del gobierno y otras organizaciones internacionales para reducir el índice mundial de accidentes fatales, de las aeronaves comerciales con motor de reacción.

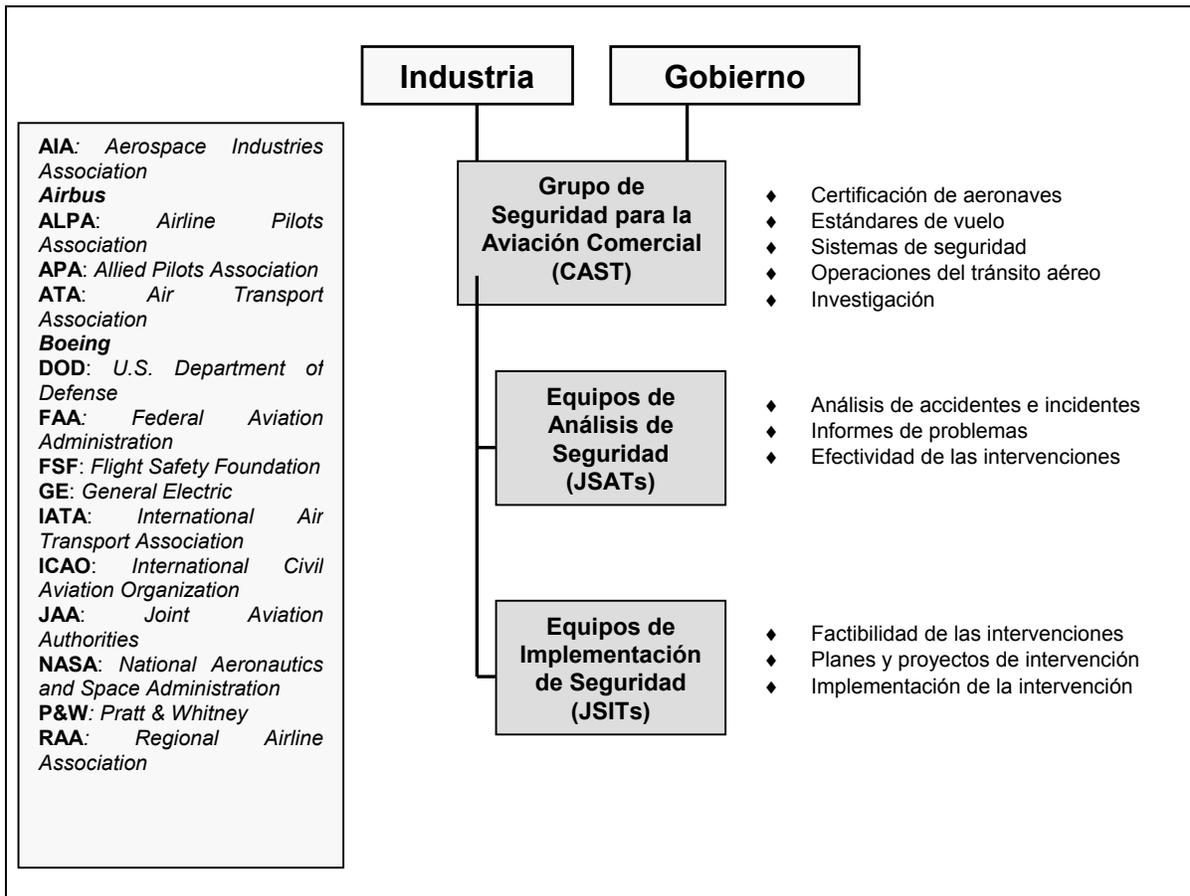
Antes de que el CAST hubiera sido formado, distintos grupos habían estado utilizando la información de los accidentes aéreos para determinar las principales áreas prioritarias en seguridad aérea. Estos grupos utilizaban la información para desarrollar conceptos que ayudarían a tomar acciones o intervenciones con el mejor potencial para prevenir accidentes futuros. El CAST ha consolidado y formalizado este proceso mediante el desarrollo de una estructura para el análisis de los accidentes e incidentes y la identificación de intervenciones prometedoras.

---

<sup>10</sup> Se trata de aquellos operadores de transporte aéreo que utilizan aeronaves con capacidad de 10 ó más pasajeros o con una capacidad para transportar una carga de paga igual o mayor a 3,409 kilogramos (7,500 libras). Referencia, *FAR Part 121*, publicadas por la FAA.

El proceso incluye la colaboración de grupos de expertos para determinar las áreas de seguridad clave a través del análisis de los datos estadísticos de accidentes e incidentes, con el fin de desarrollar métodos para tener una mejor comprensión de la cadena de eventos que conducen a un accidente, identificando las intervenciones de gran impacto para tratar dichas áreas clave, y orientando la implementación de acciones correctivas a estas intervenciones.

La Figura 1.5 muestra a los miembros que conforman al CAST y su estructura, incluyendo a los Equipos de Análisis de Seguridad y de Implementación de Seguridad (JSATs y JSITs por sus siglas en inglés, *Joint Safety Analysis Teams* y *Joint Safety Implementation Teams*), los cuales son un factor clave para los esfuerzos de análisis y desarrollo de estrategias de intervención.



Fuente: Elaboración propia con base en William G. Bozin, *Commercial Aviation Safety Team*, TR NEWS, Number 203, July-August 1999, Transportation Research Board, National Research Council, U.S.A., p. 10.

**Figura 1.5. Miembros y composición del Grupo de Seguridad para la Aviación Comercial.**

Tanto los equipos de análisis así como los de implementación, están normados por el CAST, para estudiar y evaluar cada problema de interés de la seguridad aérea. Cada uno de estos dos equipos está encabezado en forma conjunta por representantes tanto de la industria como del gobierno. Los equipos de análisis llevan a cabo los estudios detallados de los accidentes e incidentes, desarrollan los informes de los problemas, e identifican y evalúan las estrategias potenciales de intervención. Después los equipos de implementación se hacen cargo del problema y desarrollan las estrategias de intervención, su función incluye la evaluación de la factibilidad de las intervenciones y el desarrollo de los planes de su implementación. El CAST aprueba todos los análisis y los planes de intervención. Por otro lado, cada equipo de implementación, en forma conjunta con el CAST monitorea la implementación de las estrategias adoptadas con las organizaciones responsables de ello, da seguimiento a las medidas tomadas y determina el progreso en el cumplimiento de los principales objetivos, así como en la efectividad de las intervenciones.

En el futuro inmediato, el CAST continuará revisando la información estadística disponible de los accidentes e incidentes aéreos, para evaluar amenazas potenciales en la seguridad de la aviación comercial. La Agenda de Seguridad para la Aviación Comercial será modificada como sea necesario, conforme el proceso del CAST continúe evolucionando. Tanto la industria como el gobierno de los Estados Unidos continuarán comprometidos en trabajar en forma conjunta y extenderán los esfuerzos del CAST para incluir a la comunidad de la aviación comercial internacional<sup>11</sup>.

## **1.2. El factor humano en los accidentes aéreos.**

La seguridad aérea ha sido reforzada recientemente mediante esfuerzos encaminados a aumentar el conocimiento de la influencia del factor humano en la generación de los accidentes aéreos, sin embargo, es necesario un compromiso total por parte de los países miembros de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) y de la industria antes de que la comunidad de la aviación internacional pueda alcanzar los mayores niveles posibles de seguridad. Antes de que la comunidad de la aviación pueda aplicar estos conocimientos con éxito, hay dos requisitos fundamentales que deben cumplirse. El primero de ellos consiste en que la industria de la aviación debe asegurar que las interacciones entre el factor humano y la tecnología, permanezcan centradas en los primeros. Una filosofía centrada en el humano es la única salvaguarda contra el desarrollo de interfaces tecnológicas poco cooperativas con los humanos y que producen una potencial ruptura con la seguridad. El segundo requisito tiene que ver con la integración. La industria ha diseñado una tecnología excelente que ha contribuido indudablemente a mejorar la seguridad, sin embargo, se necesita tener otra visión del contexto operacional dentro del cual estas tecnologías son desarrolladas. En otras

---

<sup>11</sup> William G. Bozin, Commercial Aviation Safety Team, TR NEWS, Number 203, July-August 1999, Transportation Research Board, National Research Council, U.S.A., p. 10.

palabras, las capacidades y limitaciones humanas deben ser tomadas en cuenta cuando se definan los diseños de los sistemas y antes de que cualquier sistema entre en operación. La OACI ha tomado la iniciativa en este reto al desarrollar los estándares de los factores humanos que consideran al rendimiento humano en ambientes operacionales actuales y futuros, así la comunidad de la aviación internacional está fuertemente incentivada para seguir estos estándares.

Es importante tener una aproximación amplia y sistemática en relación con la seguridad y los factores humanos dado que los requerimientos para su integración van más allá de la consideración de problemas aislados en las interfaces del humano y la tecnología. La actuación humana tiene lugar en un contexto operacional y el conocimiento de los factores humanos debe por lo tanto ser aplicado a sistemas operacionales.

Grandes fuerzas sociales y políticas están conformando nuestro mundo continuamente, conduciéndolo inexorablemente hacia la globalización. La solución al problema de la seguridad aérea es un compromiso en el que se requiere de la cooperación entre todos los países, y entre éstos y la industria aeronáutica. La seguridad después de todo, no es un problema nacional, regional o continental, sino más bien un problema del ámbito mundial. Debido a su carácter mundial, la OACI puede y ha asumido su papel de liderazgo a través de distintas iniciativas, sin embargo, los países miembros, a través de sus marcos regulatorios, y la comunidad de la aviación internacional en general, deben comprometerse totalmente para la obtención de los niveles de seguridad más altos. La seguridad de la aviación civil es particularmente notable al considerar el medio extraordinariamente hostil en el cual los vuelos toman lugar. Por un lado, el ambiente físico, con sus temperaturas y presiones extremas inadecuadas para la sobrevivencia humana y el hecho de que la tecnología ha permitido viajes de gran duración y operaciones a través de distintos husos horarios en cortos periodos, por lo que se requiere una cuidadosa consideración de los problemas en los rendimientos humanos básicos, tales como el defasamiento del tiempo corporal y la arritmia circadiana<sup>12</sup>. Por otro lado, el ambiente socio-económico con demandas de mercado que requieren de una organización que opere con mayor eficiencia, con el objeto de resultar económicamente viables, lo cual genera inevitablemente obstáculos a pesar de los cuales se tiene que operar, mantener y controlar el sistema.

Un obstáculo mayor para la seguridad aérea es el error humano, no sólo en las cabinas de las aeronaves sino también en todo proceso que involucra las operaciones de vuelo, desde el diseño y la fabricación de la aeronave y los equipos de navegación hasta las decisiones comerciales que afectan las operaciones diarias<sup>13</sup>. Como se señaló antes, el error humano es un factor clave

---

<sup>12</sup> El termino *circadiano* se refiere a ciclos que se presentan aproximadamente cada 24 horas, tales como actividades o funciones biológicas.

<sup>13</sup> Assad Kotaite, ICAO providing the tools and leadership needed for enhancing safety worldwide, ICAO Journal, Volume 54, No. 5, June 1999, Canadá, pp. 4 y 5.

en la generación de los accidentes aéreos y por ello están siendo desarrolladas diversas herramientas para su control, algunos ejemplos de ello se muestran en el Anexo B.

### 1.3. Cambios en los modelos de seguridad<sup>14</sup>.

Las propuestas para abordar los problemas de la seguridad aérea han evolucionado a través de los años desde un enfoque centrado en el rendimiento individual hasta propuestas que dan énfasis a las fallas sistémicas. Sin embargo, será necesaria una mejora evolutiva de propuestas antes de que la comunidad aeronáutica pueda resolver los retos de los años por venir.

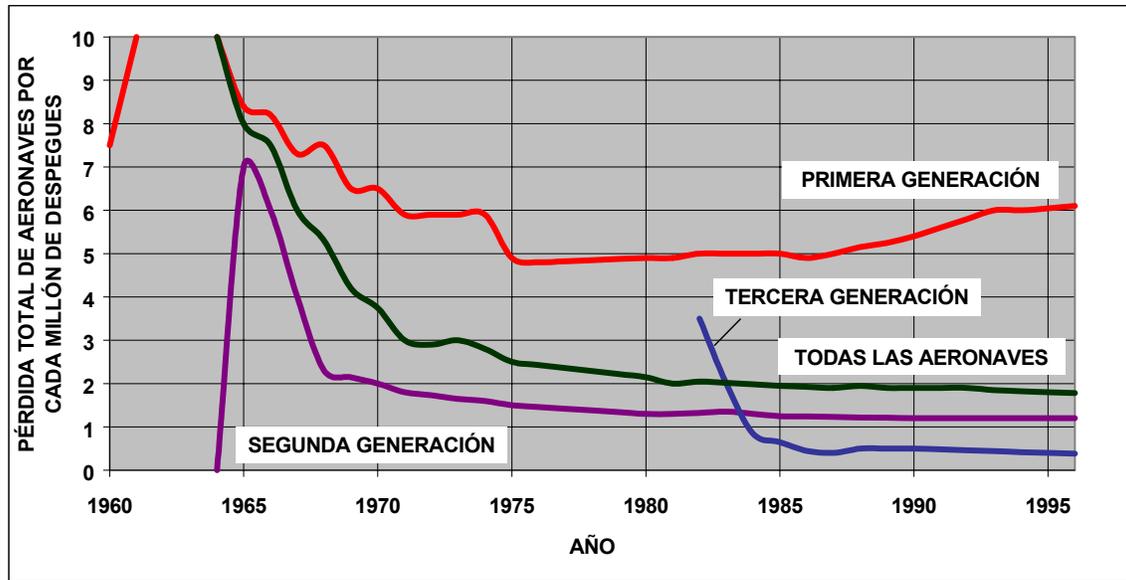
Durante la década de los ochenta se tuvo un vasto flujo de ideas y de intercambios de experiencias y perspectivas entre académicos, autoridades reguladoras y especialistas en seguridad. El consenso que emergió fue el de que la seguridad depende más de grupos que de individuos y que los operadores no son autónomos, dado que trabajan dentro del contexto de un gran sistema, y que el sistema gobierna su propia seguridad.

En relación con la automatización, varias inquietudes han surgido. Una es que la automatización es tan eficiente y confiable que puede conducir a que las tripulaciones de vuelo reduzcan sus habilidades de operación básicas, las cuales son requeridas cuando los sistemas automáticos fallan. Sin embargo, los resultados de un estudio de *Airbus Industrie* indican que la introducción de nuevas tecnologías ha estado asociada con mejoras en la seguridad, desde finales de los años cincuenta, y que esta relación ha continuado hasta la última generación de aeronaves altamente automatizadas (ver Figura 1.6.).

El sistema de la aviación está creciendo rápidamente. Más aeronaves y más tránsito aéreo generarán nuevas interrelaciones entre componentes comúnmente independientes, y el sistema evolucionará hacia uno globalmente integrado. Sin embargo, cabe preguntarse si las teorías locales acerca de la influencia de las organizaciones son aplicables al fenómeno mundial, y si puede un sistema muy seguro hacerse todavía más seguro. Quizá la industria se ha centrado mucho en una aproximación sistémica para resolver los problemas de la seguridad aérea, sin considerar que hay límites para el control de las organizaciones y para el comportamiento de los individuos

---

<sup>14</sup> Jean Paries, *Shift in safety paradigm is key to future success in reducing air accidents*, ICAO Journal, Volume 54, No. 5, June 1999, Canadá, pp. 20 a 22.



Fuente: Jean Paries, *Shift in safety paradigm is key to future success in reducing air accidents*, ICAO Journal, Volume 54, No. 5, June 1999, Canadá, p. 22.

**Figura 1.6. Tendencias de los accidentes aéreos para diferentes generaciones de aeronaves, periodo 1960-1996.**

La industria no será capaz de enfrentar estos retos si persiste en su enfoque actual. Esto se debe a que todas las estrategias de seguridad llegan a su plenitud (apogeo), es decir, a un nivel asintótico de seguridad que no son capaces de superar. Por ejemplo, la imposición de reglas y sanciones pueden mejorar la seguridad cuando son aplicadas en un medio anárquico, sin embargo, dicha estrategia alcanza su máximo beneficio cuando los errores ocultos y violaciones evitan una mejor comprensión de las fallas. Haciendo más de lo que ya se ha hecho, no se producen mejores resultados, debido a que los efectos colaterales negativos alcanzan el mismo orden de magnitud que los beneficios.

Hasta principios de los años ochenta, los errores individuales de los pilotos fueron un factor clave a considerar en el análisis de accidentes. Los años noventa han sido la década de la aproximación sistémica, reconociendo las dimensiones organizacionales de la seguridad<sup>15</sup>. Una revisión cuidadosa de esta evolución señala las dos direcciones principales en las que la forma de pensar ha cambiado. La primera dirección de cambio, es en el sentido de que el segmento del sistema que ha estado bajo vigilancia ha crecido continuamente. De interacciones individuales ha evolucionado, a través de interacciones locales (tripulación de vuelo y controladores de tránsito aéreo), hasta interacciones organizacionales (aerolíneas) e interacciones mundiales (sistema de aviación internacional). La segunda dirección de cambio, es en el sentido de que hay un crecimiento en

<sup>15</sup> En el Anexo C se muestra una introducción a un marco conceptual sistémico de los accidentes aéreos.

complejidad del modelo del sistema. Inicialmente el modelo tenía un conjunto de interacciones entre sus componentes principales, después surgió un modelo en el cual se eslabonaba la estructura organizacional con una jerarquía de la seguridad en tiempo real. Finalmente, se estableció un acoplamiento cerrado de sistemas con su ambiente y se consideraron además los efectos indirectos de interrelaciones con componentes del sistema aparentemente independientes.

El enfoque normativo ha sido la clave para las mejoras en la seguridad por lo menos durante los últimos veinte años, sin embargo, se está acercando a su nivel asintótico. Más allá de un nivel de seguridad de un accidente por cada dos o tres millones de despegues, como comúnmente sucede a los mejores operadores, el potencial de mejora está muy limitado por lo que el enfoque normativo no producirá los resultados deseados. Los efectos colaterales negativos, particularmente aquellos causados por el error humano, ya no serán poco significativos, comparados con los beneficios de la estrategia normativa.

Se ha dicho que la seguridad no es una victoria estática, sino un control dinámico de un riesgo permanente. Desde esta perspectiva, la seguridad normativa alcanza su mayor rendimiento cuando están involucrados sistemas grandes, complejos y estrechamente acoplados. Los procedimientos y regulaciones son necesarios, sin embargo, no son la solución fundamental, dado que no permitirán a la comunidad de la aviación cumplir con los retos de los años venideros. Ya que los humanos son parte del sistema, son también tanto una fuente potencial de riesgo como una forma de protección.

El conocimiento del factor humano y de su adaptabilidad es crítico para la seguridad aérea, y debido a que la percepción e inteligencia están involucrados, el proceso de las causas de los accidentes no puede ser una cadena lineal de eslabones independientes.

El progreso hacia una sistema de seguridad uniforme, implica un aprendizaje organizacional. También, irónicamente, significa que los errores, incumplimientos, incidentes y accidentes deben ser considerados como una fuente fundamental de conocimiento para impulsar a una mayor seguridad aérea. Este será el reto para los años siguientes.



## **2. Marco jurídico de la seguridad en el transporte aéreo.**

---

### **2.1. El Convenio sobre aviación civil internacional y la seguridad aérea.**

Creada en 1944, cuando los delegados de 52 naciones se reunieron en Chicago para firmar el Convenio sobre aviación civil internacional<sup>16</sup>, la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) ha estado inseparablemente vinculada desde entonces a la historia de la aviación. A ella se deben todas las normas técnicas y reglamentos, así como la elaboración del marco jurídico, que han permitido el desarrollo ordenado de la aviación civil internacional. Hasta la fecha, han ratificado el Convenio de Chicago, que sigue regulando todos los aspectos del transporte aéreo internacional, 185 países. Durante los últimos años, el logro primordial de la OACI en la esfera técnica, ha sido la materialización de un acuerdo, entre los países contratantes, sobre el nivel de normalización necesaria para la explotación segura, eficaz y regular de los servicios aéreos. Esta normalización se ha conseguido principalmente gracias a la adopción, por parte del Consejo de la OACI, de los Anexos al Convenio de Chicago<sup>17</sup>. Los 18 Anexos hasta ahora adoptados abarcan todos los sectores de la actividad aeronáutica.

La preocupación de la OACI por los intereses de los usuarios del transporte aéreo no sólo se limita a los aspectos técnicos del Convenio de Chicago. La Organización trabaja también activamente en la codificación del derecho aéreo internacional, en la recopilación de datos estadísticos, en los aspectos económicos del transporte aéreo, y en la asistencia técnica a los países en desarrollo.

El Convenio de Chicago es un testimonio vivo y permanente de que las naciones pueden colaborar con éxito para servir a la comunidad internacional en todos los aspectos vitales del transporte aéreo.

Todos los Anexos de la Convención de Chicago tienen relación directa o indirecta con la seguridad aérea, en la Tabla 2.1. se muestran los títulos de los 18 Anexos, su año de adopción y de su última enmienda. Para tener una idea general de cómo estos anexos se relacionan con la seguridad aérea, a continuación se indica en forma muy breve los aspectos que contienen.

---

<sup>16</sup> Este Convenio fue firmado y ratificado por México. Ver Diario Oficial de la Federación del día 12 de septiembre de 1946.

<sup>17</sup> En la Convención de Chicago fue planteada la necesidad de la adopción de 12 Anexos, actualmente existen 18. Cabe señalar que todos los Anexos están sujetos a enmiendas con el objeto de mantenerlos vigentes considerando la constante evolución del transporte aéreo y de los avances tecnológicos.

Anexo 1. Licencias al personal. Aquí se establecen las normas y métodos recomendados relativos al otorgamiento de licencias de la tripulación de vuelo (pilotos, navegantes, mecánicos de a bordo), controladores de tránsito aéreo y técnicos de mantenimiento.

Anexo 2. Reglamento del aire. Este anexo está formado por un conjunto de normas convenidas a escala internacional, que sirven para hacer al transporte por vía aérea seguro y eficiente. Estas normas comprenden reglas generales, reglas de vuelo visual (VFR) y reglas de vuelo por instrumentos (IFR).

**Tabla 2.1.**

<b>Anexos de la Convención de Chicago</b>		
<b>Título</b>	<b>Año de adopción</b>	<b>Año de la última enmienda</b>
1. Licencias al personal	1948	1998
2. Reglamento del aire	1948	1999
3. Servicio meteorológico para la navegación aérea internacional	1948	1998
4. Cartas aeronáuticas	1948	1998
5. Unidades de medida que se emplearán en las operaciones aéreas y terrestres	1948	1987
6. Operación de aeronaves	1948	1999
7. Marcas de nacionalidad y de matrícula de las aeronaves	1949	1981
8. Aeronavegabilidad	1949	2000
9. Facilitación	1949	1999
10. Telecomunicaciones aeronáuticas	1949	1999
11. Servicios de tránsito aéreo	1950	1999
12. Búsqueda y salvamento	1950	1993
13. Investigación de accidentes de aviación	1951	1994
14. Aeródromos	1951	1999
15. Servicios de información aeronáutica	1953	1998
16. Protección del ambiente	1971	1999
17. Seguridad - Protección de la aviación civil internacional contra los actos de interferencia ilícita	1974	1997
18. Transporte sin riesgos de mercancías peligrosas por vía aérea	1984	1999

Fuente: Elaboración propia con base en el *Supplement to the ICAO Journal, January 2000, Montreal, Canada*.

Anexo 3. Servicio meteorológico para la navegación aérea internacional. La finalidad del servicio meteorológico señalado en este anexo consiste en contribuir a la seguridad, regularidad y eficiencia de la navegación aérea, al informar a los pilotos de las condiciones meteorológicas prevalecientes (dirección y velocidad del viento, temperatura y presión atmosférica, visibilidad, turbulencia, pronósticos, niebla, condiciones meteorológicas desfavorables, etcétera) en las rutas que habrán de recorrer y en los aeropuertos de destino.

Anexo 4. Cartas aeronáuticas. Este anexo está formado por las cartas para la navegación aérea, las cuales han sido diseñadas de acuerdo con las normas aceptadas por la OACI. La gama de estas cartas va desde los planos detallados de aeródromo hasta las cartas a pequeña escala para planificar los vuelos. En estas cartas se especifican las instalaciones y servicios de navegación y comunicaciones disponibles en las rutas aéreas.

Anexo 5. Unidades de medida que se emplearán en las operaciones aéreas y terrestres. Mediante este anexo fue adoptada la resolución de utilizar por parte de todos los miembros de la OACI, el sistema métrico como patrón internacional básico para las unidades de medida que se utilizan en la aviación civil internacional.

Anexo 6. Operación de aeronaves. Este anexo está destinado a contribuir a la seguridad de la navegación aérea internacional, establece los criterios que deben aplicarse para que las operaciones de las aeronaves sean seguras y además alienta a los países miembros a que faciliten el sobrevuelo de sus territorios por aeronaves comerciales que provengan de otros países y que cumplan con los criterios operacionales.

Anexo 7. Marcas de nacionalidad y de matrícula de las aeronaves. Este anexo contiene las normas sobre el uso de las letras, números y otros símbolos gráficos de las marcas de nacionalidad y matrícula de las aeronaves, y además determina el emplazamiento que deberán tener estas marcas.

Anexo 8. Aeronavegabilidad. Este anexo contiene normas de carácter general, destinadas a las autoridades nacionales en materia de aeronavegabilidad, que definen los requisitos mínimos para que un país reconozca los certificados de aeronavegabilidad que se expiden respecto a las aeronaves de otros países que entran en su territorio o lo sobrevuelan.

Anexo 9. Facilitación. Este anexo se concibió para facilitar los trámites antes y después de cada vuelo, sus disposiciones pretenden acelerar la llegada y la salida de las aeronaves, los pasajeros, la carga y otros artículos en los aeropuertos internacionales. En esencia su objetivo es mantener la ventaja que ofrece la velocidad inherente al transporte aéreo.

Anexo 10. Telecomunicaciones aeronáuticas. En este anexo se aborda el tema de las telecomunicaciones necesarias para la navegación aérea e incluye: sistemas,

equipos y radiofrecuencias usadas, procedimientos de comunicación, sistemas de comunicación y sistemas para evitar colisiones.

Anexo 11. Servicios de tránsito aéreo. Este anexo define los servicios de tránsito aéreo y especifica cuáles son las normas y métodos recomendados de carácter mundial que les aplican, su objetivo primordial es impedir que se produzcan colisiones entre las aeronaves durante todas las fases de su movimiento. Este anexo también se ocupa de los medios necesarios para conseguir un tránsito aéreo expedito y ordenado, de la asesoría e información para la realización segura y eficiente de los vuelos, y del servicio de alerta para las aeronaves en peligro.

Anexo 12. Búsqueda y salvamento. Para satisfacer la necesidad de ubicar rápidamente a los supervivientes de los accidentes de aviación, este anexo establece normas y métodos de aceptación internacional. El anexo detalla la organización y cooperación en las operaciones de búsqueda y salvamento, y las medidas preparatorias necesarias, exponiendo además los procedimientos para su funcionamiento en casos de emergencia.

Anexo 13. Investigación de accidentes de aviación. El objetivo fundamental de este anexo es la prevención de accidentes e incidentes. Así, el anexo 13 es el fundamento de la investigación apropiada de los accidentes de aviación. Este anexo se usa como documento de consulta en el sitio del accidente, aclarando la distribución de responsabilidades y complementa la información con el *Manual de Investigación de Accidentes de Aviación*, que también ha sido preparado por la OACI.

Anexo 14. Aeródromos. En este anexo se establecen las especificaciones y los requisitos que deben tener los aeropuertos en todo el mundo, para mantener la seguridad de las operaciones aéreas. Abarca cuatro aspectos importantes de los aeropuertos: la planificación, el trazado, la explotación y el equipo.

Anexo 15. Servicios de información aeronáutica. Este anexo establece las normas y métodos recomendados que debe conformar la información aeronáutica de la aviación civil para garantizar la máxima seguridad en todos los aspectos del vuelo.

Anexo 16. Protección del ambiente. Este anexo trata de la protección del ambiente contra los efectos del ruido y de las emisiones de gases contaminantes de los motores de las aeronaves.

Anexo 17. Seguridad<sup>18</sup> - Protección de la aviación civil internacional contra los actos de interferencia ilícita. Este anexo establece las bases del programa de

---

<sup>18</sup> Cabe aclarar que las palabras del idioma inglés *safety* y *security*, se traducen al español como *seguridad*. Sin embargo, se refieren a dos cosas distintas. Dado que esto puede causar confusión es conveniente mencionar que la palabra *safety*, se refiere a la *seguridad operacional*, es decir a aquella seguridad que se opone a los accidentes. Por otro lado la palabra *security* se refiere a aquella actividad que se contrapone a los *actos de interferencia ilícita*, como por ejemplo, al secuestro de aeronaves.

seguridad de la aviación civil. Este programa tiene por objeto salvaguardar la aviación civil y sus instalaciones y servicios contra los actos de interferencia ilícita.

Anexo 18. Transporte sin riesgos de mercancías peligrosas por vía aérea. En este anexo se especifican las normas generales y métodos recomendados que se han de seguir para poder transportar sin riesgo mercancías peligrosas por vía aérea.

## 2.2. Las leyes mexicanas y la seguridad aérea.

La legislación mexicana ha reflejado en la Ley de Vías Generales de Comunicación<sup>19</sup>, en la Ley de Aviación Civil<sup>20</sup> y en la Ley de Aeropuertos<sup>21</sup>, los principios básicos para la seguridad del transporte aéreo nacional. Dentro de algunos de los preceptos importantes que señala la Ley de Vías Generales de Comunicación relacionados con la seguridad aérea se tienen los siguientes: “la Secretaría de Comunicaciones y Transportes fijará las condiciones técnicas relacionadas con la seguridad, utilidad especial y eficiencia del servicio que deben satisfacer las vías generales de comunicación” (artículo 40); “los concesionarios o permisionarios de servicios públicos de transporte de pasajeros en vías generales de comunicación, están obligados a proteger a los viajeros y sus pertenencias de los riesgos que puedan sufrir con motivo de la prestación del servicio...” (artículo 127).

Algunos de los aspectos relevantes de la Ley de Aviación Civil en relación con la seguridad aérea son: el establecimiento de las atribuciones para la Secretaría de Comunicaciones y Transportes para “expedir y aplicar las medidas y normas de seguridad que deben observarse en los servicios de transporte aéreo”, así como de la expedición de los certificados de aeronavegabilidad de las aeronaves (artículo 6 fracciones V y VI); el establecimiento de que “en la prestación de los servicios de transporte aéreo se deberán adoptar las medidas necesarias para garantizar las condiciones máximas de seguridad de la aeronave y de su operación, a fin de proteger la integridad física de los usuarios y de sus bienes, así como la de terceros” (artículo 17); el carácter obligatorio para “utilizar los servicios de tránsito aéreo, radioayudas, meteorología, telecomunicaciones e información aeronáutica, de despacho e información de vuelos” y del “sistema de aerovías establecido” (artículo 35); el requisito para que todo el personal técnico aeronáutico cuente con su licencia respectiva, “previa comprobación de los requisitos de capacidad, aptitud física, exámenes, experiencia y pericia entre otros” (artículo 38); la responsabilidad de los concesionarios o permisionarios de los servicios de transporte aéreo nacional “por los daños causados a los pasajeros, a la carga y al equipaje en el transporte” (artículo 61); también es su responsabilidad los “daños a personas o cosas que se encuentren en la

---

<sup>19</sup> Publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 19 de febrero de 1940.

<sup>20</sup> Publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 12 de mayo de 1995.

<sup>21</sup> Publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 22 de diciembre de 1995.

superficie”, causados por la operación de sus aeronaves, “por objetos desprendidos de la misma o por abordaje”<sup>22</sup> (artículo 70); la obligación de los concesionarios o permisionarios de los servicios de transporte aéreo nacional de “contratar y mantener vigente un seguro que cubra las responsabilidades por los daños a pasajeros, carga, equipaje o a terceros en la operación de las aeronaves” (artículo 74); “los concesionarios o permisionarios y, en el caso del servicio de transporte aéreo privado no comercial, los propietarios o poseedores de aeronaves, deberán proveerse de equipos técnicos y del personal necesario para la prevención de accidentes e incidentes aéreos”<sup>23</sup> (artículo 79); el establecimiento de que es responsabilidad de “la Secretaría de Comunicaciones y Transportes la investigación de los accidentes e incidentes sufridos por aeronaves civiles”<sup>24</sup> (artículo 81).

Por su parte algunos aspectos de la Ley de Aeropuertos en relación con la seguridad aérea son: la atribución a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, como autoridad aeroportuaria para “establecer las normas básicas de seguridad en los aeródromos civiles”<sup>25</sup> (artículo 6, fracción VI); la obligación de los concesionarios y permisionarios de los aeródromos de “poner en práctica programas de emergencia y contingencia”, y de “colaborar en los dispositivos de seguridad en las operaciones aeroportuarias, y mantener los equipos de rescate y extinción de incendios en óptimas condiciones de operación” (artículo 72).

Finalmente, cabe señalar que directamente relacionados con la Ley de Aviación Civil y la Ley de Aeropuertos se tienen a los Reglamentos de la Ley de Aviación

---

<sup>22</sup> Se entiende por abordaje aéreo toda colisión entre dos o más aeronaves. Se consideran también abordajes aquellos casos en que se causen daños a aeronaves en movimiento, o a personas o a bienes a bordo de éstas, por otra nave en movimiento, aunque no haya colisión efectiva. Fuente: Ley de Aviación Civil, *op. cit.*, artículo 71.

<sup>23</sup> Para efectos de la Ley de Aviación Civil, se entenderá por *Accidente*, “todo suceso por el que se cause la muerte o lesiones graves a personas a bordo de la aeronave o bien, se ocasionen daños o roturas estructurales a la aeronave, o por el que la aeronave desaparezca o se encuentre en un lugar inaccesible”. El término *Incidente*, se refiere a “todo suceso relacionado con la utilización de una aeronave, que no llegue a ser un accidente que afecte o pueda afectar la seguridad de las operaciones”. Fuente: Ley de Aviación Civil, *op. cit.*, artículo 79.

<sup>24</sup> Las aeronaves mexicanas se clasifican en: I. Civiles, que pueden ser de *servicio al público* (las empleadas para la prestación al público de un servicio de transporte aéreo regular o no regular, nacional o internacional) y *privadas* (las utilizadas para usos comerciales diferentes al servicio público o para el transporte particular sin fines de lucro), y II. De Estado, que podrán ser las de *propiedad o uso de la Federación* distintas de las militares (las de los gobiernos estatales y municipales, y las de las entidades paraestatales), y *las militares* (destinadas al Ejército, Armada y Fuerza Aérea Nacional). Fuente: Ley de Aviación Civil, *op. cit.*, artículo 5.

<sup>25</sup> Aeródromo civil es el área definida de tierra o agua adecuada para el despegue, aterrizaje, acuatizaje o movimiento de aeronaves, con instalaciones o servicios mínimos para garantizar la seguridad de su operación. Los aeródromos civiles se clasifican en aeródromos de servicio al público y aeródromos de servicio particular. Fuente: Ley de Aeropuertos, *op. cit.*, artículo 2, fracción I.

Civil<sup>26</sup> y de la Ley de Aeropuertos<sup>27</sup>, respectivamente. En el primero se regula la explotación y el uso o aprovechamiento del espacio aéreo situado sobre el territorio nacional, respecto de la prestación y desarrollo de los servicios de transporte aéreo, y en el segundo ordenamiento se tiene como objeto regular la construcción, administración, operación y explotación de los aeródromos civiles. Por otro lado, existe un conjunto de Normas Oficiales Mexicanas que sirven para detallar o estandarizar los lineamientos establecidos por las leyes y reglamentos aplicables a la aviación civil y a los aeropuertos. Todas estas normas son publicadas en el Diario Oficial de la Federación, por lo que para mayores detalles se recomienda su consulta en dicho lugar.

---

<sup>26</sup> Publicado en el Diario Oficial de la Federación, el día 4 de diciembre de 1998. Ref. [http://www.sct.gob.mx/f\\_marco.htm](http://www.sct.gob.mx/f_marco.htm)

<sup>27</sup> Publicado en el Diario Oficial de la Federación, el día 17 de febrero del año 2000. Ref. [http://www.sct.gob.mx/f\\_marco.htm](http://www.sct.gob.mx/f_marco.htm)



### **3. Nivel de seguridad del transporte aéreo comercial en México, en relación con parámetros internacionales.**

---

#### **3.1. Marco de referencia.**

Como ya fue mencionado antes, la preocupación de la OACI por los usuarios del transporte aéreo, también comprende la recopilación de datos del sector aéreo para conformar estadísticas, debido a ello es posible revisar cómo ha sido la evolución de la seguridad aérea a través de los años en el ámbito mundial. Esta información puede servir como marco de referencia, para poderla comparar contra la seguridad del transporte aéreo comercial en México. Las estadísticas de seguridad y la investigación de accidentes aéreos son claves importantes para identificar las áreas generales de importancia, pero eso únicamente. Es decir, sólo revelan una sucesión de relaciones entre causa y efecto, pero no revelan el proceso involucrado en la producción del accidente. Las respuestas para entender la seguridad, no recaen en los números, sino en la interpretación del proceso.

La seguridad, descansa parcialmente en la tecnología, pero está construida con las actitudes. La importancia que se da a la seguridad está directamente relacionada con el valor que se le da a la vida humana. Sin embargo, la percepción de qué es lo que constituye un riesgo<sup>28</sup> (suceso que puede afectar la seguridad de las operaciones aéreas), está muy lejos de ser algo uniforme para todo el mundo. Un riesgo inaceptable para una sociedad, podría ser tolerable para otra. En realidad, la sociedad aceptará un cierto número de accidentes antes de que esté dispuesta a proporcionar recursos para reducir los riesgos. El determinar que riesgo es “aceptable”, es un proceso subjetivo que puede diferir entre las sociedades.

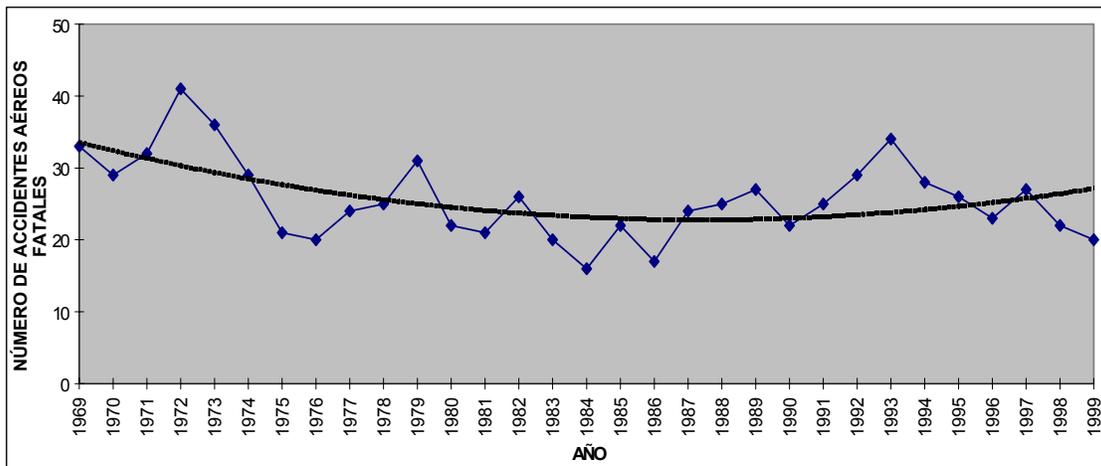
En la Tabla 3.1. se consignan datos estadísticos en relación con la seguridad aérea en el ámbito mundial, desde el año 1969 y hasta el año 1999, es decir, tres décadas de la aviación comercial mundial de servicio regular.

Para tener una visualización de cómo ha sido el comportamiento del número de accidentes aéreos fatales y del número de pasajeros muertos como consecuencia de ellos, en las Figuras 3.1. y 3.2. se muestran las tendencias de estos valores para el periodo 1969-1999. Como se observa en ambos casos, se presentan grandes fluctuaciones, pero la tendencia mundial para los últimos años es a crecer (obsérvense las líneas de tendencia que se muestran con línea punteada en las figuras).

---

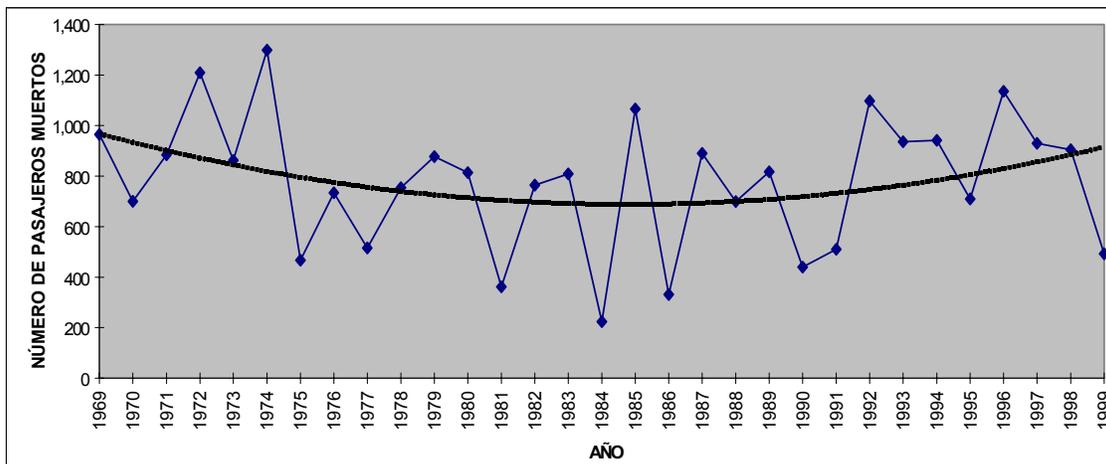
<sup>28</sup> Suceso que puede afectar la seguridad de las operaciones aéreas.

El número de accidentes aéreos fatales o el número de pasajeros muertos como consecuencia de ellos por sí solos no son indicadores adecuados de la seguridad aérea, puesto que no consideran si se están transportando más pasajeros, si se vuela con mayor frecuencia, si se están desplazando a una distancia mayor, o si se está volando una flota de aeronaves mayor. Por lo anterior, es conveniente obtener índices de accidentes, con lo cual se obtiene un parámetro relativo de comparación. Estos índices se obtienen al dividir el número de pasajeros muertos o el número de accidentes fatales, entre alguna medida de la actividad de la aviación, por ejemplo, pasajeros-kilómetro generados, kilómetros volados, horas voladas, aterrizajes efectuados, etcétera.



Fuente: Elaboración propia con base en la Tabla 3.1.

**Figura 3.1. Accidentes aéreos fatales en las líneas aéreas comerciales de servicio regular de los países miembros de la OACI.**



Fuente: Elaboración propia con base en la Tabla 3.1.

**Figura 3.2. Pasajeros muertos como consecuencia de los accidentes aéreos, en las líneas aéreas comerciales de servicio regular de los países miembros de la OACI.**

3. Nivel de seguridad del transporte aéreo comercial en México, en relación con parámetros internacionales.

Los índices más comúnmente obtenidos por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) se encuentran tabulados en las últimas cuatro columnas de la Tabla 3.1.

**Tabla 3.1. Información estadística de los accidentes en líneas aéreas comerciales de servicio regular (doméstico e internacional) de los países miembros de la OACI.**

AÑO	NÚMERO DE ACCIDENTES AÉREOS FATALES	NÚMERO DE PASAJEROS MUERTOS	ÍNDICES DE ACCIDENTES			
			NÚMERO DE PASAJEROS MUERTOS POR CADA 100 MILLONES DE PASAJEROS-KILÓMETRO	NÚMERO DE ACCIDENTES FATALES POR CADA 100 MILLONES DE KILÓMETROS VOLADOS	NÚMERO DE ACCIDENTES FATALES POR CADA 100,000 HORAS VOLADAS	NÚMERO DE ACCIDENTES FATALES POR CADA 100,000 ATERRIZAJES
1969	33	965	0.280	0.49	0.28	0.35
1970	29	700	0.180	0.41	0.24	0.31
1971	32	884	0.220	0.45	0.27	0.34
1972	41	1,209	0.260	0.57	0.34	0.43
1973	36	862	0.170	0.48	0.28	0.36
1974	29	1,299	0.240	0.39	0.23	0.30
1975	21	467	0.080	0.28	0.17	0.22
1976	20	734	0.120	0.26	0.15	0.20
1977	24	516	0.070	0.30	0.18	0.24
1978	25	754	0.090	0.29	0.18	0.24
1979	31	877	0.100	0.34	0.21	0.29
1980	22	814	0.090	0.24	0.15	0.21
1981	21	362	0.040	0.23	0.14	0.20
1982	26	764	0.080	0.28	0.18	0.25
1983	20	809	0.080	0.21	0.13	0.18
1984	16	223	0.020	0.16	0.10	0.14
1985	22	1,066	0.090	0.21	0.13	0.19
1986	17	331	0.030	0.15	0.09	0.14
1987	24	890	0.060	0.20	0.12	0.18
1988	25	699	0.050	0.19	0.12	0.18
1989	27	817	0.050	0.20	0.12	0.19
1990	22	440	0.030	0.15	0.09	0.15
1991	25	510	0.030	0.18	0.11	0.18
1992	29	1,097	0.060	0.16	0.10	0.16
1993	34	936	0.050	0.19	0.12	0.20
1994	28	941	0.050	0.18	0.09	0.16
1995	26	710	0.030	0.12	0.08	0.13
1996	23	1,135	0.050	0.11	0.07	0.13
1997	27	930	0.040	0.13	0.08	0.14
1998	22	905	0.035	0.10	0.07	0.11
1999	20	492	0.020	n.d.	n.d.	n.d.

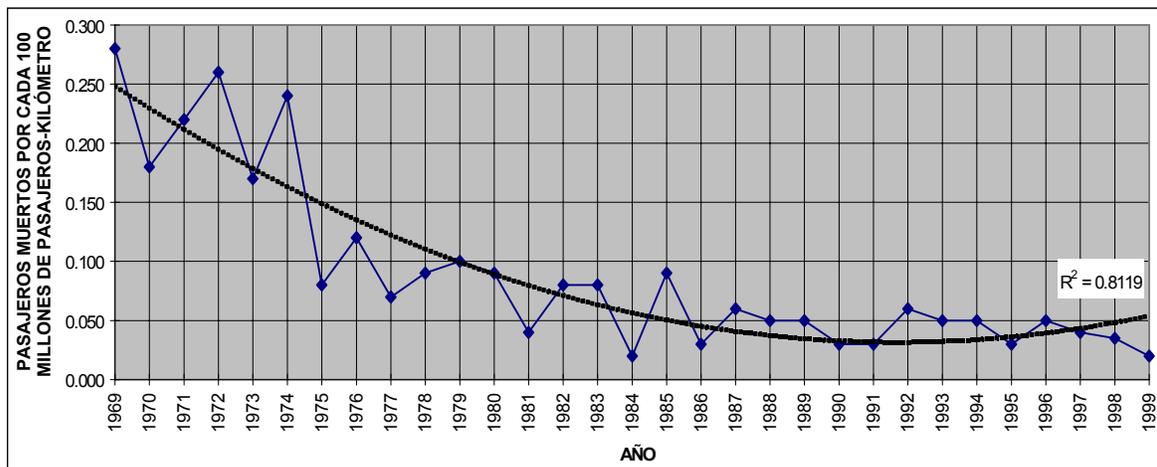
Fuente: Elaboración propia con base en *ICAO Journal, July 1989, Montreal, Canada*, p. 43; *ICAO Journal, July 1992, Montreal, Canada*, pp. 30 y 31; *ICAO Journal, July/August 1993, Montreal, Canada*, p. 13; *ICAO Journal, July/August 1994, Montreal, Canada*, p. 25; *ICAO Journal, December 1994, Montreal, Canada*, p. 8; *ICAO Journal, July/August 1995, Montreal, Canada*, pp. 21 y 22; *Revista de la OACI, julio/agosto de 1997, Montreal, Canadá*, p. 32; *ICAO Journal, July/August 1998, Montreal, Canada*, p. 27; *ICAO Journal, July/August 1999, Montreal, Canada*, pp. 30 y 31; *ICAO releases preliminary safety and security statistics for air carrier operations in 1999, 3 April 2000, Montreal, Canada*, <http://www.icao.int/icao/en/nr/pio200004.htm>

Esta información excluye los accidentes de la ex-Unión Soviética, la cual empezó a reportar sus datos a partir del año 1986 y también se excluyen aquellos eventos de interferencia ilícita en la aviación (secuestros, sabotaje, terrorismo, etcétera).

n.d. = información no disponible.

Los cuatro índices de accidentes mostrados en la Tabla 3.1. han sido graficados en las Figuras 3.3. a 3.6., como se observa en estas figuras los cuatro índices han presentado una tendencia a disminuir.

Desde el año 1969 y hasta el año 1999 el índice de pasajeros muertos por cada 100 millones de pasajeros-kilómetro generados mejoró considerablemente, al bajar de 0.28 a 0.02. Un notable decremento en este índice se presentó durante el periodo 1974-1977 (véase Figura 3.3.) dado que el índice pasó de 0.24 a 0.07 pasajeros muertos por cada 100 millones de pasajeros-kilómetro generados. Cabe señalar que esta notable reducción en el índice de pasajeros muertos, se presentó con un crecimiento sostenido de los pasajeros-kilómetro generados en la aviación mundial (véase Tabla D.1. y Figura D.2. en el Anexo D).



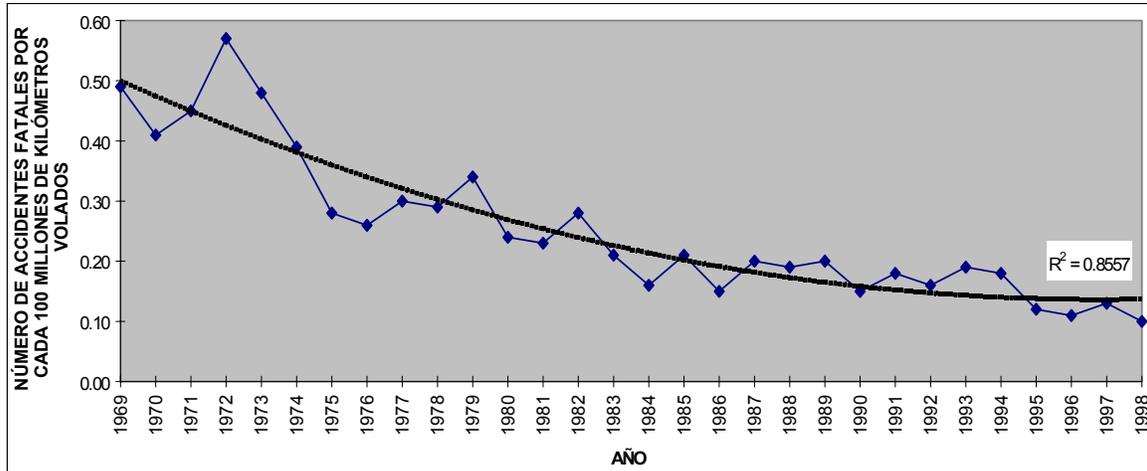
Fuente: Elaboración propia con base en la Tabla 3.1.

**Figura 3.3. Pasajeros muertos por cada 100 millones de pasajeros-kilómetro generados en las líneas aéreas comerciales de servicio regular de los países miembros de la OACI.**

Por su parte los índices de accidentes fatales por kilómetros volados, horas voladas y por aterrizajes efectuados también han presentado reducciones substanciales en sus valores respectivos. Cabe remarcar que el comportamiento de estos tres índices es bastante similar entre ellos, como se observa en las Figuras 3.4., 3.5. y 3.6. Para estos índices durante el periodo 1972-1976 se tiene un notable decremento en sus valores de alrededor del 45% en los tres casos<sup>29</sup>.

<sup>29</sup> Aunque este hecho está relacionado con una mayor utilización de aeronaves de segunda generación y de su mejor desempeño en términos de seguridad (véase Figura 1.6.), se requiere una investigación más detallada para poder determinar todos los elementos que contribuyeron a esta reducción significativa de los índices de accidentes y poder sacar provecho de ello.

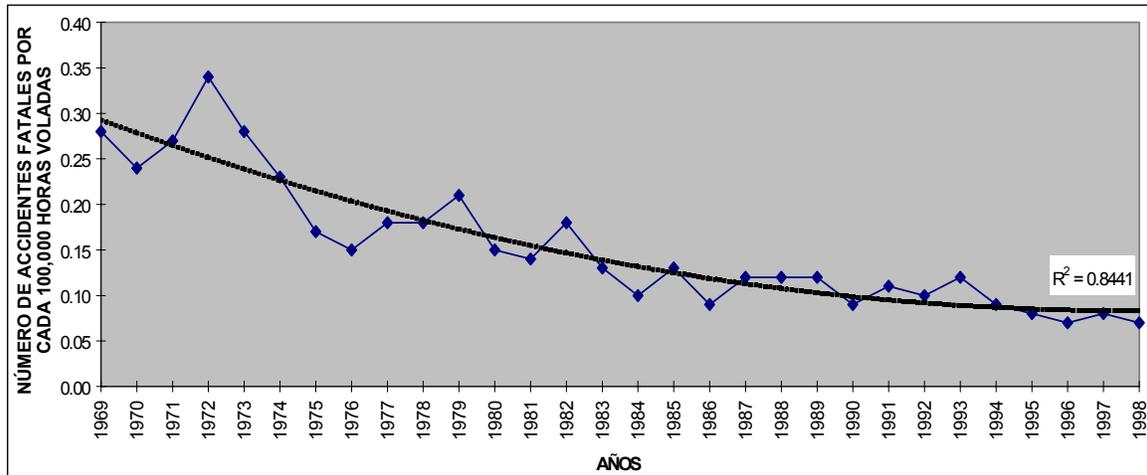
Sin embargo, hay que observar que los valores de estos índices son muy heterogéneos, cuando se comparan entre las distintas regiones geográficas del mundo, como se observó en la Figura 1.1. Así, por ejemplo, la región de África, que tiene los índices más altos en relación con todas las otras regiones, presenta índices de accidentes 19 veces mayores que los de la región de Estados Unidos y Canadá o los de Oceanía, las cuales tiene los índices más bajos de todas las regiones del mundo<sup>30</sup>.



Fuente: Elaboración propia con base en la Tabla 3.1.

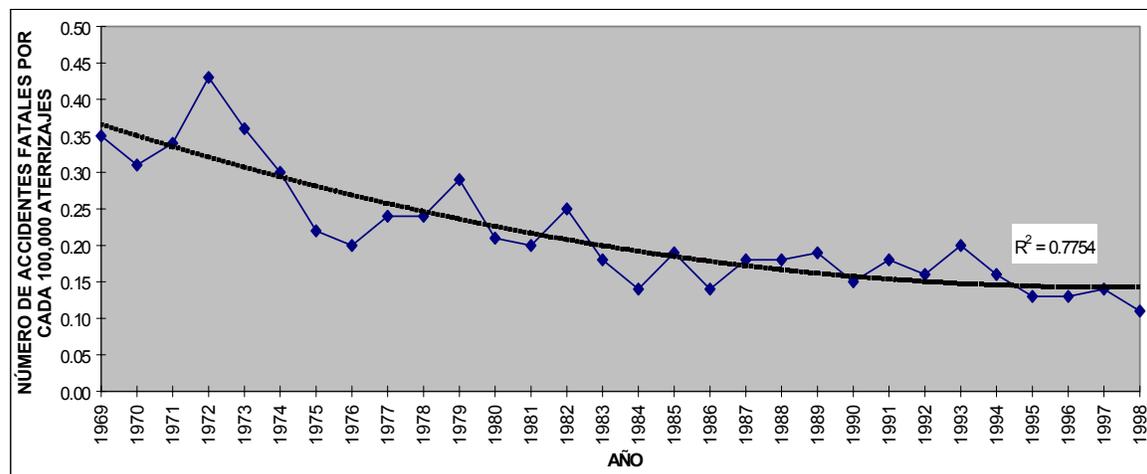
**Figura 3.4. Accidentes fatales por cada 100 millones de kilómetros volados por las líneas aéreas comerciales de servicio regular de los países miembros de la OACI.**

<sup>30</sup> Ver también: Oster Clinton V. Jr. y Strong John S., *The Worldwide Aviation Safety Record*, *The Logistics and Transportation Review*, March, 1992, U.S.A., pp. 37 y 38.



Fuente: Elaboración propia con base en la Tabla 3.1.

**Figura 3.5. Accidentes fatales por cada 100,000 horas volados por las líneas aéreas comerciales de servicio regular de los países miembros de la OACI.**



Fuente: Elaboración propia con base en la Tabla 3.1.

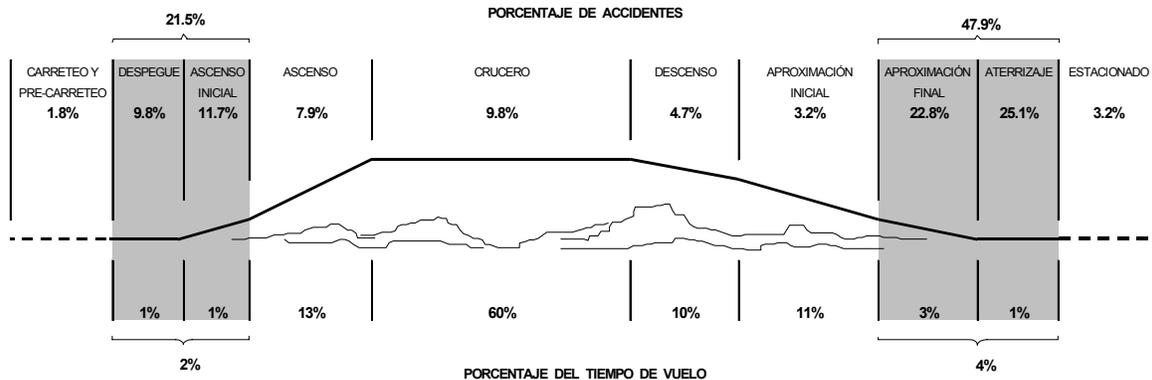
**Figura 3.6. Accidentes fatales por cada 100,000 aterrizajes efectuados por las líneas aéreas comerciales de servicio regular de los países miembros de la OACI.**

De acuerdo con el último reporte anual de la OACI, los niveles de seguridad operacional de la aviación en los servicios regulares de pasajeros, varían mucho según los distintos tipos de aeronaves utilizadas<sup>31</sup>. Por ejemplo, en los vuelos de aeronaves con motores turboreactores (que representan el 95% del total del tránsito regular en términos de pasajeros-kilómetro generados), en el año 1998 se

<sup>31</sup> ICAO Journal, July/August 1999, Montreal, Canada, p. 30.

registraron 7 accidentes con 719 pasajeros muertos, por otro lado, en los vuelos con aeronaves de motor turbohélice y motor de émbolo (que representan alrededor del 5% del total de tránsito regular), se registraron 15 accidentes con 190 muertos. Esto implica que el índice de accidentes, en términos de pasajeros muertos por cada 100 millones de pasajeros-kilómetro, en los aviones con motores turbo reactores es muy inferior (0.0287), en relación con el índice respectivo de los aviones con motores de hélice (0.1444).

Otro factor importante que se debe mencionar en relación con los accidentes aéreos, es la fase de vuelo donde se presenta el evento primario que origina al accidente. En la Figura 3.7. se muestra un perfil típico de vuelo que muestra los porcentajes de los accidentes, con pérdida total de aeronave<sup>32</sup>, que ocurren en cada fase de vuelo. También, se indica la duración de cada fase, en términos del porcentaje total del tiempo de vuelo.



Fuente: Elaboración propia. Los porcentajes de accidentes para cada una de las distintas fases de vuelo fueron obtenidos de la Figura 1.2., los porcentajes del tiempo de vuelo fueron obtenidos de *Weener Earl F. y Wheeler Peter B., Key Elements of Accident Avoidance, The Logistics and Transportation Review, March, 1992, U.S.A., p. 52.*

**Figura 3.7. Porcentaje de accidentes con pérdida total de aeronave, en el ámbito mundial, por fase de vuelo, durante el periodo 1988-1997.**

Como se observa alrededor del 70% de todos los accidentes, con pérdida total de aeronave, se presentan durante el despegue, ascenso inicial, aproximación final o aterrizaje. En términos del tiempo de exposición esto representa tan sólo el 6% del tiempo total de vuelo.

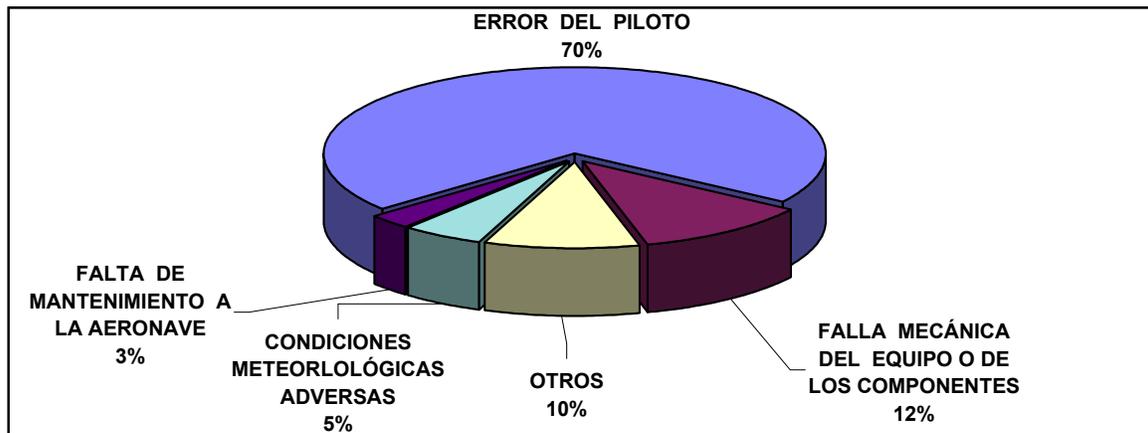
De acuerdo con algunos estudios de accidentes con pérdida total de aeronave, en el ámbito del transporte comercial mundial en aeronaves de reacción<sup>33</sup>, el principal

<sup>32</sup> De acuerdo con algunos autores, los accidentes con pérdida total de aeronave representan aproximadamente el 90% de los accidentes aéreos fatales, para las aeronaves comerciales con motor de reacción. Fuente: *Weener Earl F., y Wheeler Peter B., Key Elements of Accident Avoidance, The Logistics and Transportation Review, March, 1992, U.S.A., 1992, p. 49.*

<sup>33</sup> *Weener Earl F., et. al., op. cit., p. 54.*

factor cooperante para los accidentes aéreos es atribuido al error de los pilotos, con el 70.5% de los casos, enseguida, aunque muy abajo del porcentaje anterior, se encuentra como factor primario la falla mecánica de la aeronave o de sus componentes con el 11.6% de los casos. Por su parte las condiciones meteorológicas adversas contribuyen con el 5.4% de los accidentes de este tipo y los accidentes originados por falta de mantenimiento de las aeronaves constituyen el 2.7% de los casos (véase Figura 3.8.).

Más de un 70% del total de los accidentes aéreos son atribuidos al error humano (tanto de la tripulación de vuelo como del personal en tierra). Sin embargo, no es la atribución del error, sino más bien la identificación y el análisis de sus factores ocultos, lo que nos ayudará a comprender el por qué ocurre un accidente y cómo un evento similar puede prevenirse. En consecuencia, los errores deben ser el punto de partida para el análisis de los percances que tienden a evolucionar a través de la combinación de distintos factores cooperantes. Estos factores pueden estar relacionados con el operador humano, la aeronave en uso, y el medio en el cual tanto los humanos como las máquinas operan, y donde se restringe y da forma a su comportamiento. Los errores de la tripulación de vuelo son el síntoma de la falta de armonía entre las necesidades, habilidades, estrategias y limitaciones de todos los diferentes agentes y componentes del sistema, más que simplemente el problema de un operador que sugiere el término *error humano*.



Fuente: Elaboración propia con base en Weener Earl F., y Wheeler Peter B., Key Elements of Accident Avoidance, The Logistics and Transportation Review, March, 1992, U.S.A., 1992, p 54.

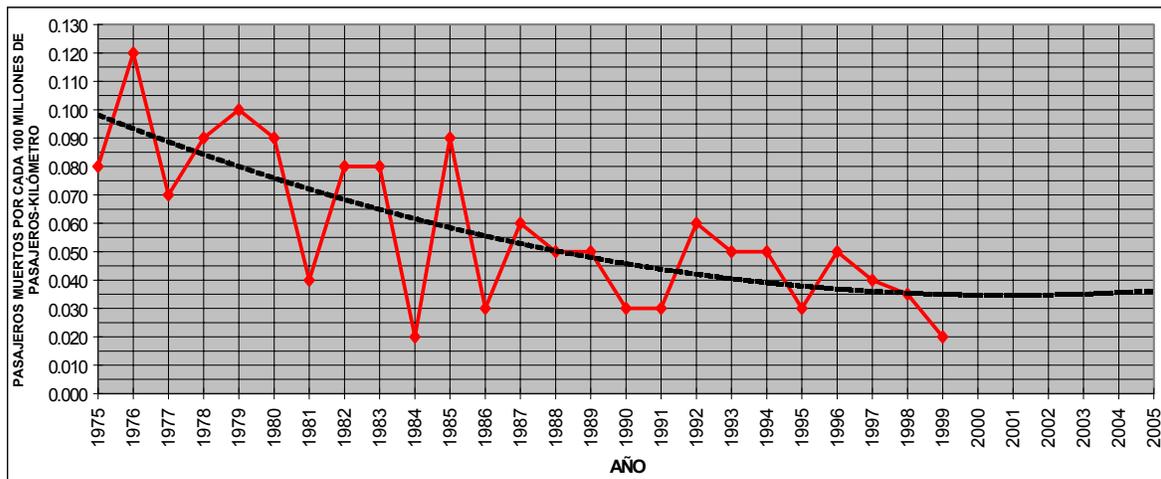
**Figura 3.8. Factores cooperantes primarios de los accidentes con pérdida total de aeronave, en el ámbito del transporte comercial mundial en aeronaves de reacción.**

## 3.2. Implicaciones de las tendencias de los índices de accidentes internacionales.

En la Figura 3.9. se muestra cual es la tendencia del índice de accidentes en relación con el número de pasajeros muertos por cada 100 millones de pasajeros-kilómetro generados, durante los últimos veinticinco años. En esta gráfica se observa como el valor del índice tiende a ser asintótico. Por lo que es muy probable que este índice se mantenga, en los próximos años, con un valor del orden de aproximadamente 0.035 pasajeros muertos por cada 100 millones de pasajeros-kilómetro.

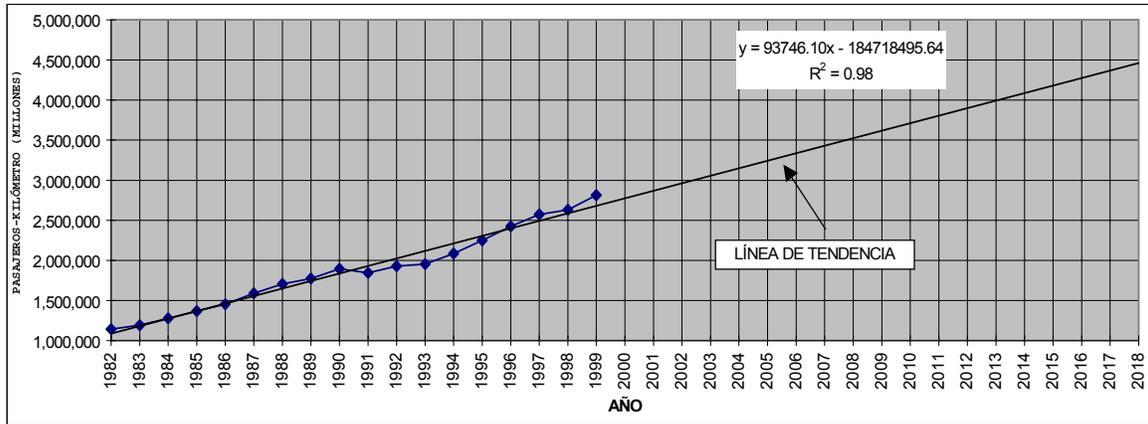
Por otro lado, se ha observado una tendencia estable en el crecimiento anual del movimiento de carga y pasajeros en el transporte aéreo mundial de servicio regular (véase Anexo D), por lo que puede fácilmente pronosticarse con una razonable precisión su tendencia para los años futuros. En la Figura 3.10. se realizó un pronóstico del crecimiento del número de pasajeros-kilómetro en el transporte aéreo mundial de itinerario regular, que abarca hasta el año 2018.

La Tabla 3.2. fue obtenida con base en los valores de la Figura 3.10. y asumiendo que el valor del índice de pasajeros muertos por cada 100 millones de pasajeros-kilómetro generados, se mantiene en un valor constante de 0.035 para los próximos años (véase Figura 3.9.), y que en promedio como consecuencia de cada accidente aéreo fatal resultan 30.2 pasajeros muertos (de acuerdo con los datos de la Tabla 3.1.).



Fuente: Elaboración propia con base en la Tabla 3.1.

**Figura 3.9. Pasajeros muertos por cada 100 millones de pasajeros-kilómetro generados en las líneas aéreas comerciales de servicio regular de los países miembros de la OACI.**



Fuente: Elaboración propia con base en la Tabla D.1.

**Figura 3.10. Pronóstico, hasta el año 2018, del crecimiento del número de pasajeros-kilómetro atendidos en el transporte aéreo mundial de servicio regular.**

La Tabla 3.2. muestra un pronóstico del número de pasajeros muertos y del número de accidentes fatales probables desde el año 2000 y hasta el año 2018. De esta tabla también se deduce que el número de pasajeros muertos como consecuencia de los accidentes aéreos, se incrementará en alrededor de un 61% en el periodo de análisis. Por otro lado se observa, que para el año 2018 se producirá, en promedio, un accidente aéreo fatal cada semana.

**Tabla 3.2. Pronósticos del número de pasajeros muertos y del número de accidentes aéreos fatales, en las aerolíneas comerciales de servicio regular de los países miembros de la OACI.**

AÑO	PASAJEROS-KILÓMETRO ESTIMADOS (MILLONES)	PASAJEROS MUERTOS ESTIMADOS	ACCIDENTES FATALES ESTIMADOS
2000	2,773,704	971	32
2001	2,867,450	1,004	33
2002	2,961,197	1,036	34
2003	3,054,943	1,069	35
2004	3,148,689	1,102	36
2005	3,242,435	1,135	38
2006	3,336,181	1,168	39
2007	3,429,927	1,200	40
2008	3,523,673	1,233	41
2009	3,617,419	1,266	42
2010	3,711,165	1,299	43
2011	3,804,911	1,332	44
2012	3,898,658	1,365	45
2013	3,992,404	1,397	46
2014	4,086,150	1,430	47
2015	4,179,896	1,463	48
2016	4,273,642	1,496	50
2017	4,367,388	1,529	51
2018	4,461,134	1,561	52

Fuente: Elaboración propia con base en la Tabla 3.1. y en las Figuras 3.9. y 3.10.

### **3.3. La seguridad aérea y su relación con la modernidad de las aeronaves y las políticas de mantenimiento y entrenamiento de las aerolíneas.**

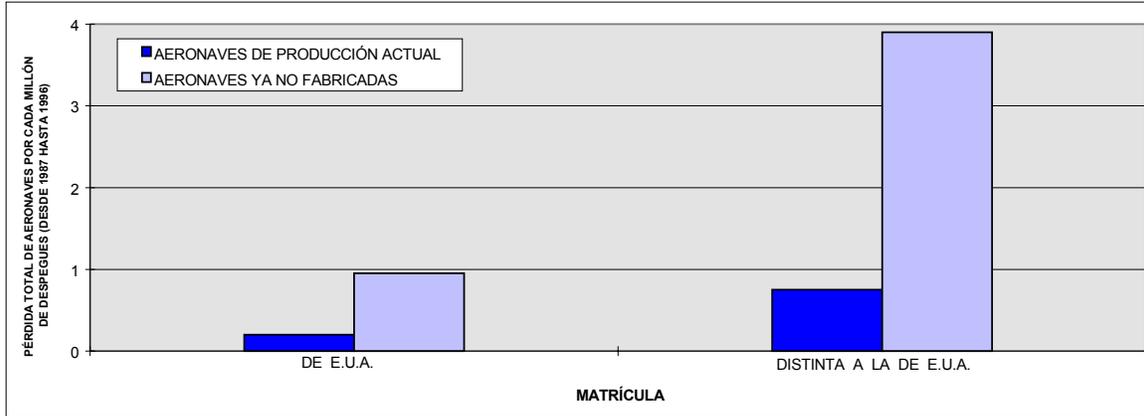
Algunos autores<sup>34</sup> han establecido que el índice de accidentes en el ámbito mundial podría reducirse a la mitad o aún más, si las aerolíneas de todo el mundo retiraran de servicio todas sus aeronaves de reacción de *primera y segunda generación*, y las sustituyeran por aeronaves más recientes de *tercera y cuarta generación*<sup>35</sup>. Estos autores soportan su afirmación en gráficas de índices de accidentes de aviación, agrupadas de acuerdo con las distintas generaciones de aeronaves (ver Figura 1.6., p. 16). Estas gráficas muestran que las aeronaves de tercera y cuarta generación han alcanzado y mantenido niveles de seguridad, que nunca habían sido obtenidos por las primeras generaciones de aeronaves. De acuerdo con estos autores si las aerolíneas pudieran remover de servicio sus primeras aeronaves y por otro lado comprar otras nuevas, la aviación mundial sería mucho más segura.

Otros datos parecen indicar que el nivel de seguridad alcanzado por cada tipo de aeronave, en distintas partes del mundo, tiene que ver también con la calidad del entrenamiento de las tripulaciones y del mantenimiento de las aeronaves. Al realizar una comparación del índice de accidentes de las aeronaves de producción actual con el de aeronaves que ya no son fabricadas, se observa un índice de accidentes de cuatro a cinco veces más grande para las aeronaves que ya no son fabricadas, sin embargo, el índice de accidentes en Estados Unidos, para las aeronaves que ya no son fabricadas, es muy semejante al índice de accidentes de aeronaves fabricadas actualmente, pero que son usadas por aerolíneas fuera de los Estados Unidos (véase Figura 3.11.).

---

<sup>34</sup> *Jhon Lauber*, anterior miembro del NTSB y actual vicepresidente de entrenamiento y recursos humanos de *Airbus Service Co.*, la subsidiaria de entrenamiento de *Airbus*. Fuente: *Air Transport World*, May 1998, p. 41.

<sup>35</sup> En el Anexo E se señalan las principales características de las distintas generaciones de aeronaves.



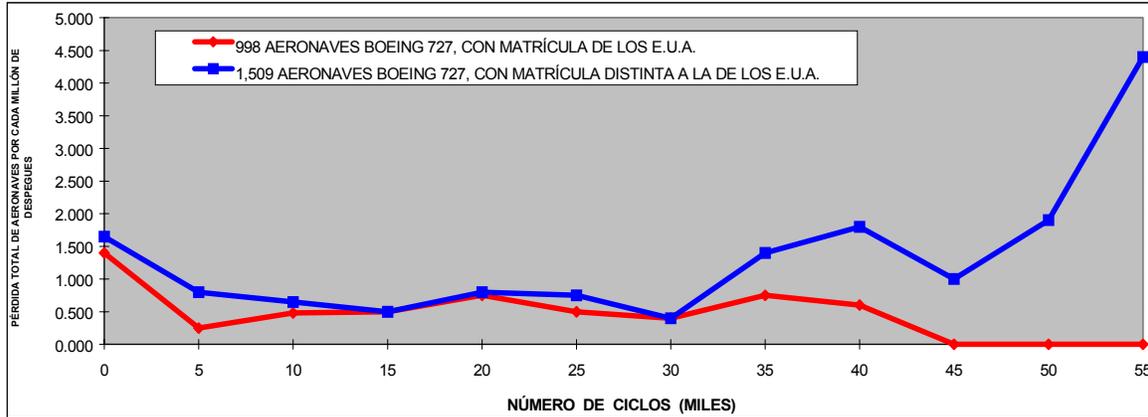
Fuente: J.A. Donoghue, *Changing the future*, *Air Transport World*, May 1998, U.S.A., p. 41, con modificaciones propias.

**Figura 3.11. Pérdida total de aeronaves por cada millón de despegues en aeronaves con matrícula de los E.U.A. y con matrícula distinta a la de los E.U.A.**

Además, al hacer un seguimiento de la relación entre el índice de accidentes con pérdida total de aeronave y el número de ciclos<sup>36</sup> de 2,507 aeronaves Boeing 727, se encontró una fuerte divergencia entre los índices de accidentes de aeronaves que tienen matrícula de los Estados Unidos y los de aeronaves que tienen matrícula distinta a la de este país, cuando los equipos de vuelo tienen más de 30,000 ciclos de operación (véase Figura 3.12.). Mientras que el índice sube abruptamente para las aeronaves con matrícula distinta a la de Estados Unidos, las aeronaves con matrícula estadounidense son más seguras, e incluso para las aeronaves con aproximadamente más de 45,000 ciclos, el índice de accidentes es cero<sup>37</sup>.

<sup>36</sup> Un ciclo comprende un despegue y un aterrizaje (incluyendo todas las fases de vuelo intermedias). En ocasiones al término "ciclo" se le conoce como "operación de vuelo". También corresponde al denominador utilizado en algunos índices de accidentes, ya sea como el término "aterrizaje" (Figura 1.1.) o "despegue" (Figura 3.11.). en este trabajo se optó por conservar la nomenclatura original de las diversas fuentes de información utilizadas.

<sup>37</sup> J.A. Donoghue, *Changing the future*, *Air Transport World*, May 1998, U.S.A., p. 41.



Fuente: J.A. Donoghue, *Changing the future, Air Transport World, May 1998, U.S.A.*, p. 41, con modificaciones propias.

**Figura 3.12. Índice de accidentes para 2,507 aeronaves Boeing 727, de acuerdo con el número de ciclos de las aeronaves.**

Lo anterior lleva a asumir que la calidad del entrenamiento de las tripulaciones y del mantenimiento de las aeronaves, de las distintas aerolíneas, afecta directamente a los índices de accidentes.

### 3.4. Los accidentes aéreos en México.

En la Tabla 3.3. se muestra información estadística de los accidentes aéreos ocurridos en México, por tipo de matrícula, desde el año 1975 y hasta el año de 1999.

Obsérvese como en la última columna de la Tabla 3.3. y en la Figura 3.13., el número total de accidentes aéreos en México, para todos los tipos de aviación, ha tendido a disminuir notablemente, sobretodo durante el periodo 1981-1985, dado que en este corto lapso se redujo el número de accidentes por año de 296 a 127 accidentes, lo cual significó una disminución del 57% de los accidentes aéreos. En el año 1986 el número de accidentes totales tuvo un ligero repunte, y a partir de entonces el número total de accidentes aéreos ha presentado una tendencia a disminuir en forma sostenida, aunque cada vez en forma menos pronunciada, esto se observa en la línea de tendencia que se muestra con línea punteada en la Figura 3.13.

Si ahora se grafica el número de accidentes aéreos de acuerdo con el tipo de matrícula, (véase la Figura 3.14.) se observa en primer lugar cómo las aeronaves de servicio privado (matrícula XB) representan el mayor número de accidentes aéreos, en cambio, las aeronaves con matrícula de servicio al público (XA) y las aeronaves del Estado (XC) presentan menores frecuencias de accidentes.

**Tabla 3.3. Accidentes aéreos en México, años 1975-1999.**

AÑO	FRECUENCIA DE ACCIDENTES AÉREOS POR TIPO DE MATRÍCULA			
	XA	XB	XC	TOTAL
1975	58	162	n.d.	n.d.
1976	56	158	n.d.	n.d.
1977	68	215	n.d.	n.d.
1978	58	146	n.d.	n.d.
1979	71	174	n.d.	n.d.
1980	90	150	28	268
1981	72	181	43	296
1982	53	148	34	235
1983	36	146	24	206
1984	36	143	32	211
1985	39	64	24	127
1986	36	138	18	192
1987	40	110	13	163
1988	25	120	20	165
1989	19	91	21	131
1990	29	91	18	138
1991	32	82	25	139
1992	29	77	14	120
1993	33	78	4	115
1994	23	75	10	108
1995	27	85	9	121
1996	24	74	15	113
1997	33	62	8	103
1998	17	69	16	102
1999	16	77	5	98

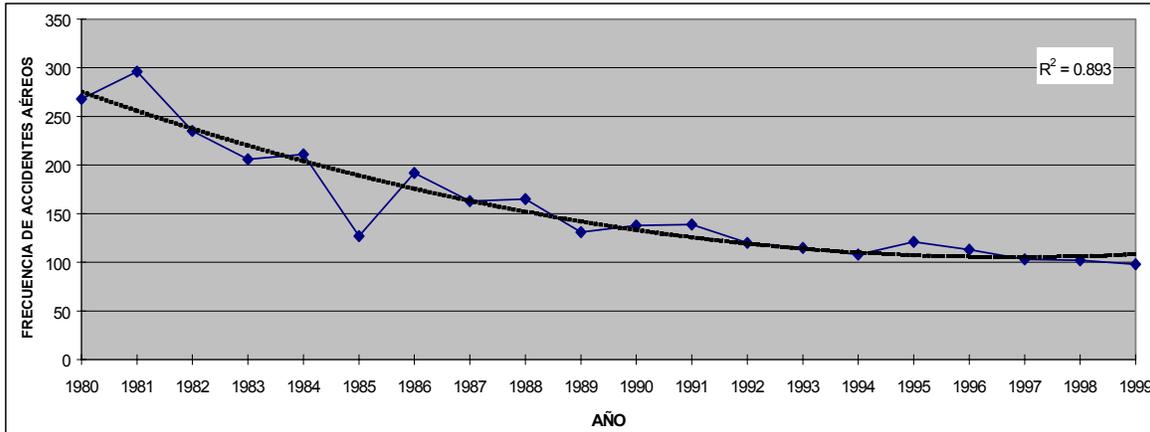
Nota: Las marcas de nacionalidad para las aeronaves civiles mexicanas son las siguientes: XA, para las de servicio al público de transporte aéreo; XB, para las de servicios privados, y XC, para las aeronaves de Estado, distintas de las militares. Fuente: Ley de Aviación Civil, *op. cit.*, artículo 44.

Fuente: Elaboración propia con base en Dirección General de Aeronáutica Civil, S.C.T., *La Aviación Mexicana en Cifras 1976-1986*, México, 1988, p. 109; Dirección General de Aeronáutica Civil, S.C.T., *La Aviación Mexicana en Cifras 1980-1989*, México, 1990, p. 132; Departamento de Seguridad Aérea de la D.G.A.C., S.C.T., *Registros de Accidentes Aéreos de los años 1990 a 1999*.

n.d. = información no disponible.

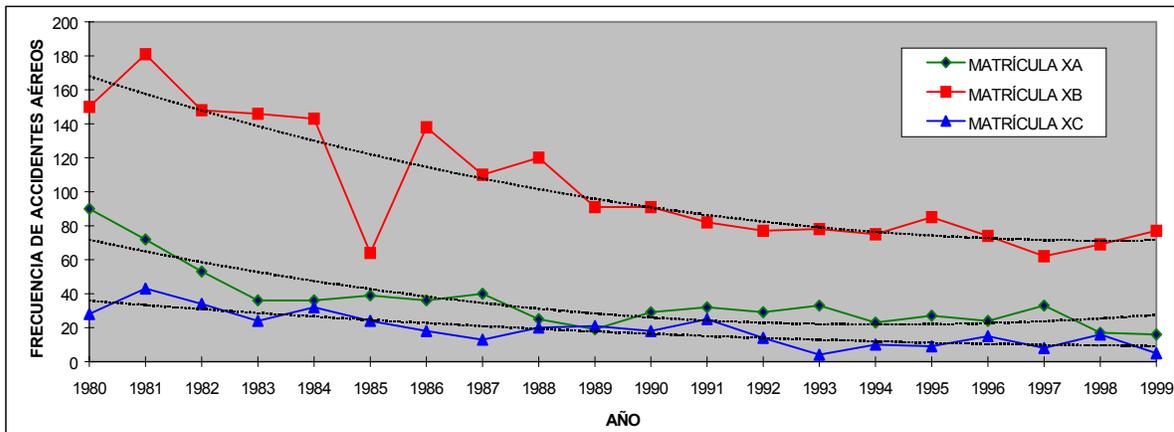
Lo anterior implica que la tendencia general del total de los accidentes aéreos, está gobernada principalmente por los accidentes de la aviación privada, obsérvese esto en el comportamiento de los accidentes totales mostrados en la Figura 3.13., contra el comportamiento de los accidentes de aeronaves con matrícula XB, mostrados en la Figura 3.14., como se aprecia la tendencia de ambos comportamientos es el mismo. Las líneas punteadas en la Figura 3.14. representan las tendencias del número de accidentes para los tres tipos de matrículas de aeronaves en nuestro país. Aquí cabe señalar que las frecuencias de accidentes que se observan en la Figura 3.14. son en parte un reflejo del tamaño del parque aeronáutico nacional que constituye cada una de estas

matrículas. Es decir, debido a que el mayor número de aeronaves nacionales tiene matrícula XB, precisamente estas aeronaves son las que más accidentes han presentado; le siguen las aeronaves XA y finalmente la menor flota aérea corresponde a la matrícula XC, que precisamente ha tenido el menor número de accidentes aéreos.



Fuente: Elaboración propia con base en la Tabla 3.3.

**Figura 3.13. Accidentes aéreos totales en México.**



Nota: Las marcas de nacionalidad para las aeronaves civiles mexicanas son las siguientes: XA, para las de servicio al público de transporte aéreo; XB, para las de servicios privados, y XC, para las aeronaves de Estado, distintas de las militares. Fuente: Ley de Aviación Civil, *op. cit.*, artículo 44.

Fuente: Elaboración propia con base en la Tabla 3.3.

**Figura 3.14. Accidentes aéreos en México por tipo de matrícula.**

En la Tabla 3.4. se muestra como ha estado constituido el parque aeronáutico nacional por tipo de matrícula durante el periodo 1990-1999. Con base en esta tabla y con la información de la Tabla 3.3. es posible obtener los porcentajes de accidentes aéreos y de aeronaves por tipo de matrícula, para cada uno de esos años, los resultados se observan en las Figuras 3.15. y 3.16.

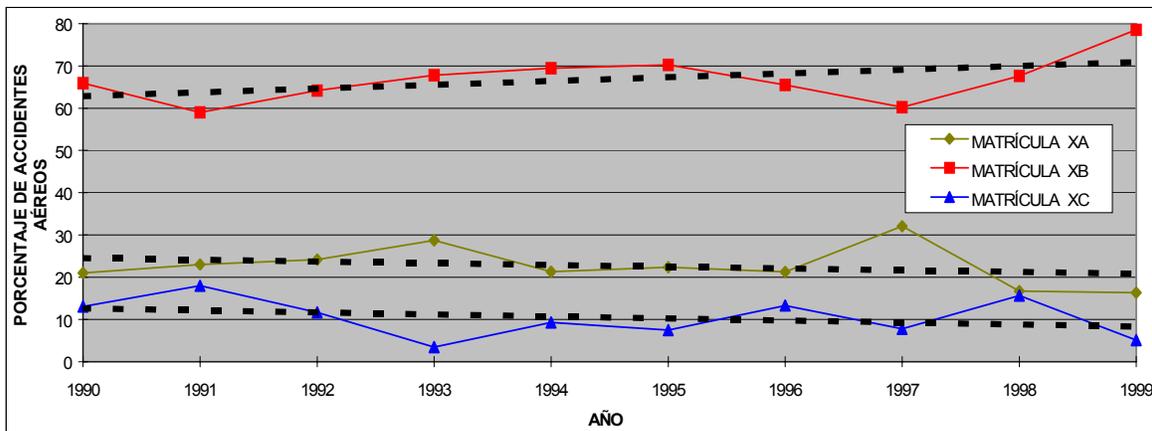
**Tabla 3.4. Parque aeronáutico nacional, años 1990-1999.**

AÑO	NÚMERO DE AERONAVES POR TIPO DE MATRÍCULA			TOTAL
	XA	XB	XC	
1990	847	4,442	585	5,874
1991	1,020	4,492	611	6,123
1992	1,123	4,566	621	6,310
1993	1,203	4,551	609	6,363
1994	1,309	4,529	569	6,407
1995	1,283	4,520	623	6,426
1996	1,184	4,537	534	6,255
1997	1,271	4,622	536	6,429
1998	1,055	4,570	389	6,014
1999	1,155	4,657	412	6,224

Nota: Las marcas de nacionalidad para las aeronaves civiles mexicanas son las siguientes: XA, para las de servicio al público de transporte aéreo; XB, para las de servicios privados, y XC, para las aeronaves de Estado, distintas de las militares. Fuente: Ley de Aviación Civil, *op. cit.*, artículo 44.

Fuente: Elaboración propia con base en D.G.A.C., S.C.T., *La Aviación Mexicana en Cifras 1990-1996*, México, 1997, p. 86.; D.G.A.C., S.C.T., *La Aviación Mexicana en Cifras 1992-1998*, México, 1999, Capítulo VII; y D.G.A.C., S.C.T., para los datos del año 1999.

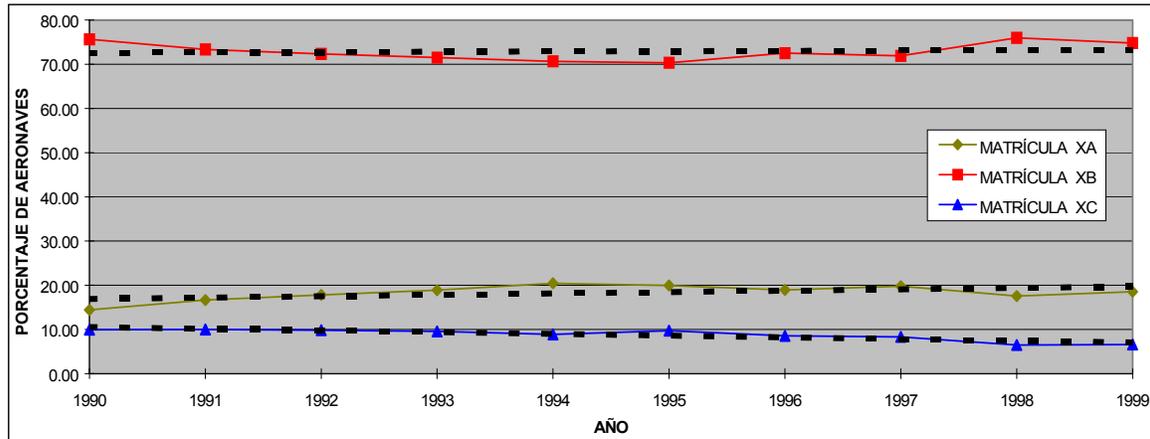
En estas figuras se observa una estrecha relación entre el porcentaje de accidentes aéreos y el porcentaje de aeronaves para cada tipo de matrícula. Las líneas de tendencia (líneas punteadas) en la Figura 3.16. indican que las aeronaves con matrícula XB conforman un poco más del 70% del parque aeronáutico nacional, las aeronaves con matrícula XA el 20% y las de matrícula XC, alrededor de un 8%. Valores similares se observan en relación con el porcentaje de accidentes para cada tipo de matrícula, como se aprecia en las líneas de tendencia de la Figura 3.15.



Nota: Las marcas de nacionalidad para las aeronaves civiles mexicanas son las siguientes: XA, para las de servicio al público de transporte aéreo; XB, para las de servicios privados, y XC, para las aeronaves de Estado, distintas de las militares. Fuente: Ley de Aviación Civil, *op. cit.*, artículo 44.

Fuente: Elaboración propia con base en la Tabla 3.3.

**Figura 3.15. Porcentaje de accidentes aéreos nacionales por tipo de matrícula.**



Nota: Las marcas de nacionalidad para las aeronaves civiles mexicanas son las siguientes: XA, para las de servicio al público de transporte aéreo; XB, para las de servicios privados, y XC, para las aeronaves de Estado, distintas de las militares. Fuente: Ley de Aviación Civil, op. cit., artículo 44.

Fuente: Elaboración propia con base en la Tabla 3.4.

**Figura 3.16. Porcentaje de aeronaves nacionales por tipo de matrícula.**

La aviación comercial en México está formada por las aeronaves con matrícula XA, así que se revisarán con más detalle algunas características de los accidentes que se han presentado en las aeronaves con este tipo de matrícula. La Tabla 3.5. muestra cual ha sido el impacto de los accidentes aéreos, en México, de las aeronaves con matrícula XA, en relación con el número de muertes generados, y con el número de aeronaves totalmente destruidas.

En las Figuras 3.17. y 3.18. se han graficado los valores de la Tabla 3.5. Observemos en la Figura 3.17. como el número de muertes tiene grandes fluctuaciones, a través del tiempo, así por ejemplo, durante el periodo 1975-1981, el número de pasajeros muertos creció casi tres veces, al pasar de 34 a 95 defunciones. A partir de 1982 y hasta el año de 1985 el número de defunciones tuvo una tendencia a disminuir, sin embargo, en el año de 1986 se presentó una serie de accidentes funestos dentro de las cuales destaca un accidente aéreo catastrófico de una aeronave en la que fallecieron todos sus ocupantes, 158 pasajeros y seis miembros de su tripulación<sup>38</sup>.

<sup>38</sup> Este accidente ocurrió el 31 de marzo de 1986, se trataba de una aeronave Boeing 727-200 de la Compañía Mexicana de Aviación. La aeronave chocó en terreno montañoso, cerca de un pueblo pequeño conocido como Maravatio, en el estado de Michoacán y fue totalmente destruida. Los reportes oficiales indicaron que la causa probable que originó el accidente fue la explosión de una de las llantas del tren de aterrizaje principal, lo que provocó fuego en su foso. Esto se produjo catorce minutos después del despegue de la aeronave, cuando se encontraba en la fase de ascenso. Fuente: Robles Corona Lidia, Mantenimiento a las aeronaves y su impacto en la

**Tabla 3.5. Impactos de los accidentes aéreos en México para las aeronaves con matrícula XA.**

AÑO	MATRÍCULA XA	
	NÚMERO DE MUERTES	NÚMERO DE AERONAVES TOTALMENTE DESTRUIDAS
1975	34	8
1976	21	6
1977	56	9
1978	53	12
1979	40	14
1980	51	15
1981	95	15
1982	22	5
1983	32	11
1984	15	5
1985	13	9
1986	259	9
1987	27	11
1988	10	3
1989	10	2
1990	5	n.d.
1991	31	n.d.
1992	19	n.d.
1993	16	1
1994	26	1
1995	17	0
1996	24	0
1997	2	0
1998	38	7
1999	26	4

Nota: La marca de nacionalidad XA, corresponde a las aeronaves civiles mexicanas de servicio al público de transporte aéreo. Fuente: Ley de Aviación Civil, *op. cit.*, artículo 44.

Fuentes: Dirección General de Aeronáutica Civil, S.C.T., *La Aviación Mexicana en Cifras 1976-1986*, México, 1988, pp. 109 y 110; Dirección General de Aeronáutica Civil, S.C.T., *La Aviación Mexicana en Cifras 1980-1989*, México, 1990, pp. 132 y 136; Departamento de Seguridad Aérea de la D.G.A.C., S.C.T., *Registros de Accidentes Aéreos de los años 1990 a 1999*.

n.d. = información no disponible.

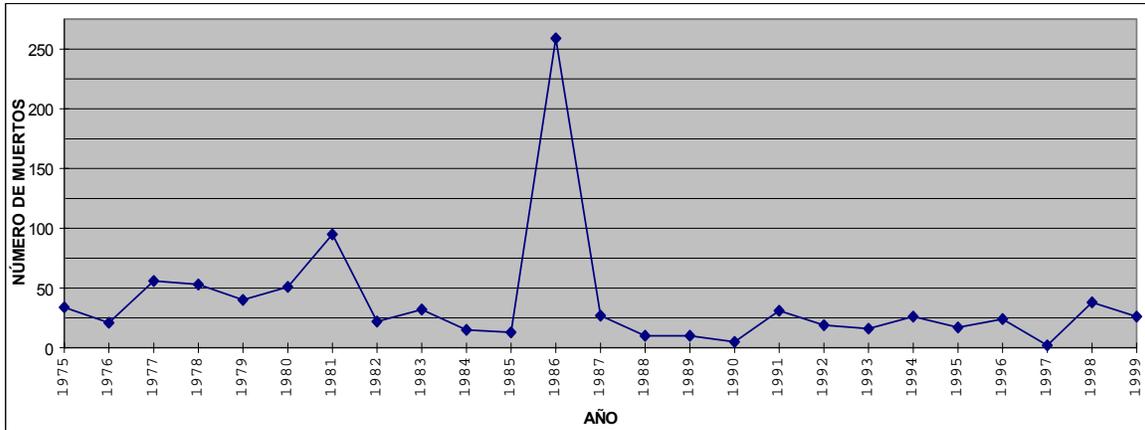
En cuanto a los accidentes aéreos con matrícula XA que han originado pérdida total de aeronave, como se observa en la Figura 3.18., aunque se presentan grandes fluctuaciones, su tendencia general es a disminuir, sin embargo,

---

*seguridad de vuelo*, Primer Congreso Nacional e Internacional de Aeronáutica en México 1988, México, 1988, p. 571.

3. Nivel de seguridad del transporte aéreo comercial en México, en relación con parámetros internacionales.

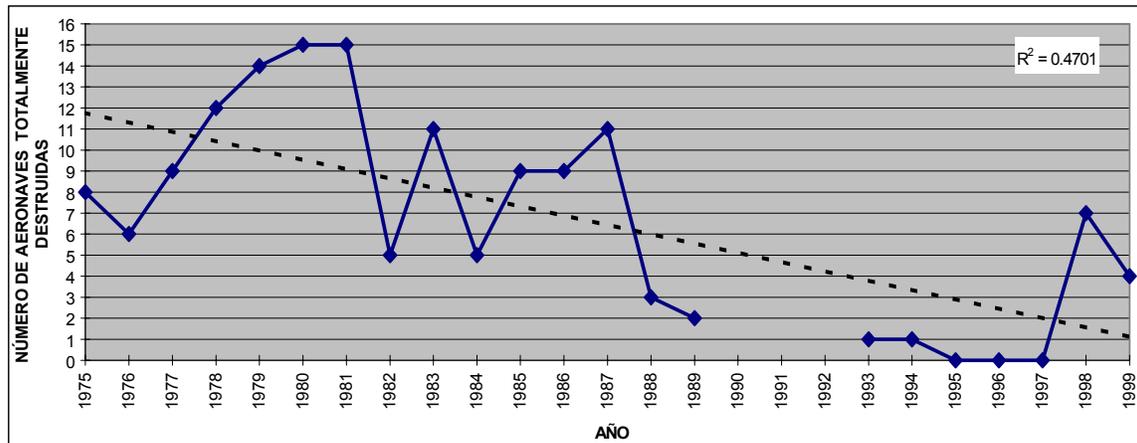
obsérvese el valor bajo del coeficiente de determinación de la línea de tendencia (línea punteada).



Nota: La marca de nacionalidad XA, corresponde a las aeronaves civiles mexicanas de servicio al público de transporte aéreo. Fuente: Ley de Aviación Civil, *op. cit.*, artículo 44.

Fuente: Elaboración propia con base en la Tabla 3.5.

**Figura 3.17. Número de muertes en accidentes aéreos de aeronaves con matrícula XA.**



Nota: La marca de nacionalidad XA, corresponde a las aeronaves civiles mexicanas de servicio al público de transporte aéreo. Fuente: Ley de Aviación Civil, *op. cit.*, artículo 44.

Fuente: Elaboración propia con base en la Tabla 3.5.

**Figura 3.18. Número de aeronaves, con matrícula XA, totalmente destruidas en accidentes aéreos.**

### 3.4.1. Localización de los accidentes de aeronaves con matrícula XA.

Una revisión de la información estadística en relación con la localización de los accidentes de aeronaves con matrícula XA, durante los últimos años, indica que existe una tendencia a la acumulación de estos accidentes en algunas regiones específicas del país; en la Tabla 3.6. se muestra un listado de los estados de la República Mexicana, junto con sus frecuencias de accidentes aéreos y el porcentaje que representan, en relación con el número total de accidentes, para el periodo 1993-1999. La Figura 3.19 es una representación gráfica de los valores de frecuencias de accidentes por estado, tomados de la Tabla 3.6.

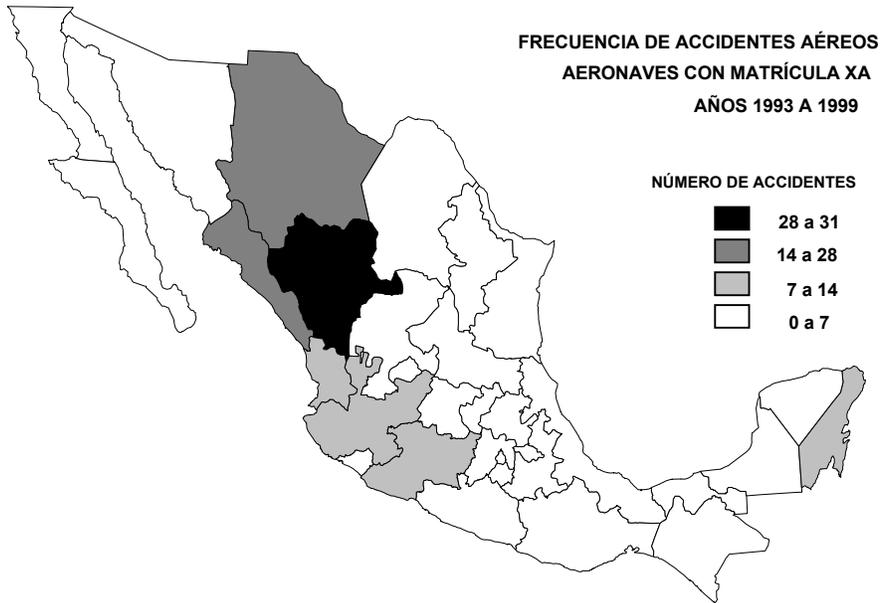
**Tabla 3.6. Frecuencias de accidentes aéreos, de aeronaves con matrícula XA, por estado, años 1993-1999.**

ESTADO	NÚMERO DE ACCIDENTES	PORCENTAJE DE ACCIDENTES
DURANGO	31	18.13
SINALOA	20	11.70
CHIHUAHUA	19	11.11
QUINTANA ROO	12	7.02
MICHOACÁN	11	6.43
JALISCO	10	5.85
NAYARIT	7	4.09
CAMPECHE	6	3.51
BAJA CALIFORNIA	5	2.92
CHIAPAS	5	2.92
DISTRITO FEDERAL	5	2.92
NUEVO LEÓN	5	2.92
MÉXICO	4	2.34
OAXACA	4	2.34
SONORA	4	2.34
TABASCO	4	2.34
TAMAULIPAS	4	2.34
COAHUILA	3	1.75
VERACRUZ	3	1.75
SAN LUIS POTOSÍ	2	1.17
BAJA CALIFORNIA SUR	1	0.58
GUANAJUATO	1	0.58
MORELOS	1	0.58
PUEBLA	1	0.58
QUERÉTARO	1	0.58
TLAXCALA	1	0.58
YUCATÁN	1	0.58
AGUASCALIENTES	0	0.00
COLIMA	0	0.00
GUERRERO	0	0.00
HIDALGO	0	0.00
ZACATECAS	0	0.00

Nota: La marca de nacionalidad XA, corresponde a las aeronaves civiles mexicanas de servicio al público de transporte aéreo. Fuente: Ley de Aviación Civil, op. cit., artículo 44.

Fuente: Elaboración propia con base en Departamento de Seguridad Aérea de la D.G.A.C., S.C.T., Registros de Accidentes Aéreos de los años 1993 a 1999.

Como se observa, los estados colindantes de Durango, Sinaloa y Chihuahua, son las entidades con mayor frecuencia de accidentes de aeronaves con matrícula XA: acumulan el 41% de estos accidentes. Por su parte en el estado de Quintana Roo, también se produce un número significativo de accidentes aéreos (7%). Los estados de Michoacán, Jalisco y Nayarit, conforman otro grupo de estados adyacentes, que acumulan en conjunto el 16.3% de estos accidentes. Al unir a este último grupo de estados, con el primer grupo mencionado, los siete estados acumulan casi dos tercios (64.3%) de los accidentes de aeronaves con matrícula XA.



Nota: La marca de nacionalidad XA, corresponde a las aeronaves civiles mexicanas de servicio al público de transporte aéreo. Fuente: Ley de Aviación Civil, *op. cit.*, artículo 44.

Fuente: Elaboración propia con base en la Tabla 3.6.

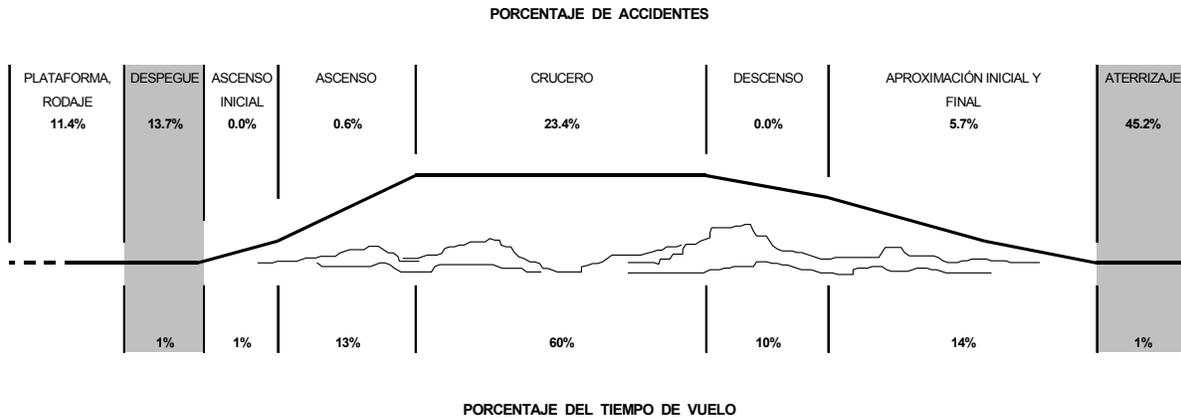
**Figura 3.19. Accidentes aéreos de aeronaves con matrícula XA, durante el periodo 1993-1999, por estados en donde ocurrieron.**

### 3.4.2. Fases de vuelo en las que se presentan los accidentes de la aviación comercial en México.

En este apartado se revisan en qué fases del vuelo se presentan los accidentes aéreos de las aeronaves con matrícula XA.

La Figura 3.20., muestra un perfil típico de vuelo, en donde se indican los porcentajes de accidentes de aeronaves con matrícula XA, para cada una de las fases del vuelo. También en esta figura se indica la duración de cada fase, en términos del porcentaje total del tiempo de vuelo.

Como se observa, el 58.9% de los accidentes aéreos, de aeronaves con matrícula XA, se presenta durante el despegue y el aterrizaje. En términos del tiempo de exposición esto representa tan sólo el 2% del tiempo total de vuelo.



Nota: La marca de nacionalidad XA, corresponde a las aeronaves civiles mexicanas de servicio al público de transporte aéreo. Fuente: Ley de Aviación Civil, *op. cit.*, artículo 44.

Fuente: Elaboración propia. Los porcentajes de accidentes para cada una de las distintas fases de vuelo fueron obtenidos con base en Departamento de Seguridad Aérea de la D.G.A.C., S.C.T., *Registros de Accidentes Aéreos de los años 1990 a 1999*; los porcentajes del tiempo de vuelo fueron obtenidos de *Weener Earl F. y Wheeler Peter B., Key Elements of Accident Avoidance, The Logistics and Transportation Review, March, 1992, U.S.A., p. 52*, con modificaciones propias.

**Figura 3.20. Accidentes de aeronaves con matrícula XA, años 1990-1999, por fase de vuelo.**

### 3.4.3. Factores cooperantes de los accidentes de la aviación comercial en México.

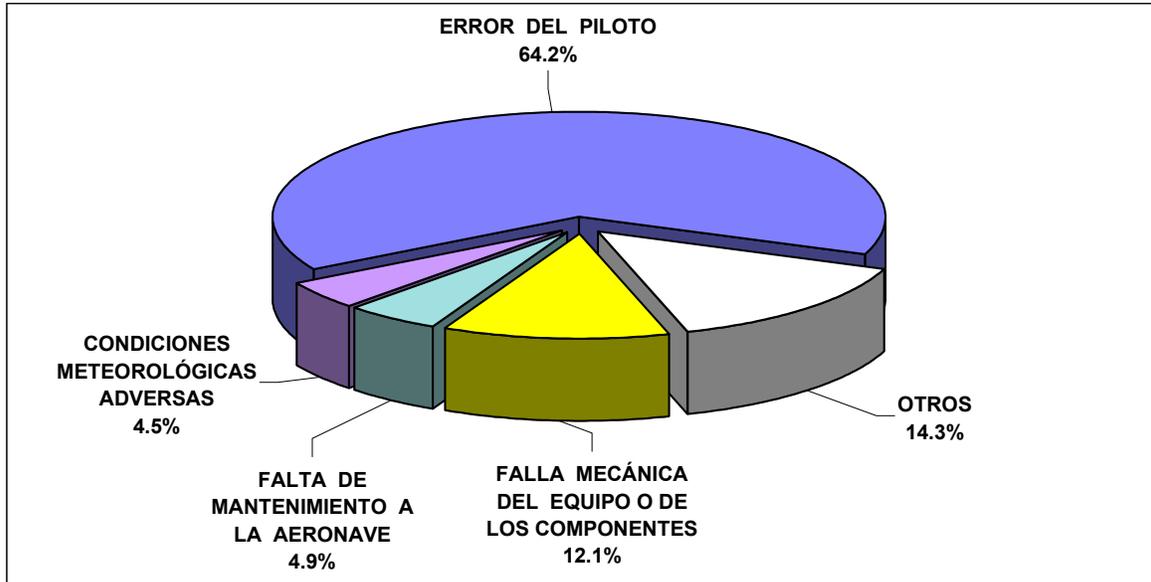
En relación con los factores cooperantes primarios de los accidentes de aeronaves con matrícula XA, el principal factor cooperante es atribuido al error de los pilotos, con poco más del 64% de los casos, la falla mecánica del equipo o de los componentes constituye el 12.1% de los casos. Por su parte la falta de mantenimiento de las aeronaves contribuye con el 4.9% de los casos y las condiciones meteorológicas adversas constituye el 4.5% de los accidentes (véase Figura 3.21.).

Dentro de “otros factores” (el 14.3% de los accidentes), se han agrupado a causas desconocidas y accidentes bajo investigación, en este último caso los factores cooperantes aún no están identificados<sup>39</sup>.

En la Figura 3.22. se muestran los principales elementos que conforman a los grupos genéricos de los factores cooperantes señalados antes. Como se observa,

<sup>39</sup> El 14.3% de los accidentes bajo el término de “otros factores” está formado por 8.4% de accidentes originados por causas desconocidas (23 casos) y 5.9% de accidentes bajo investigación (16 casos).

los errores de los pilotos son conformados por diversos elementos derivados de la falta de cumplimiento con los procedimientos establecidos; el uso inadecuado de los controles de la aeronave y, finalmente, por el desconocimiento de algunos procedimientos de emergencia.



Nota: La marca de nacionalidad XA, corresponde a las aeronaves civiles mexicanas de servicio al público de transporte aéreo. Fuente: Ley de Aviación Civil, op. cit., artículo 44.  
Fuente: Elaboración propia con base en Departamento de Seguridad Aérea de la D.G.A.C., S.C.T., Registros de Accidentes Aéreos de los años 1990 a 1999.

**Figura 3.21. Factores cooperantes primarios de los accidentes de aeronaves con matrícula XA, años 1990-1999.**

En cuanto a los accidentes originados por fallas mecánicas del equipo o de los componentes, éstas comúnmente se presentan en el sistema del tren de aterrizaje o en los motores.

Por su parte los factores cooperantes asociados con la falta de mantenimiento a la aeronave, también incluyen la falta de inspección de los sistemas de la misma o incluso su inspección inadecuada.

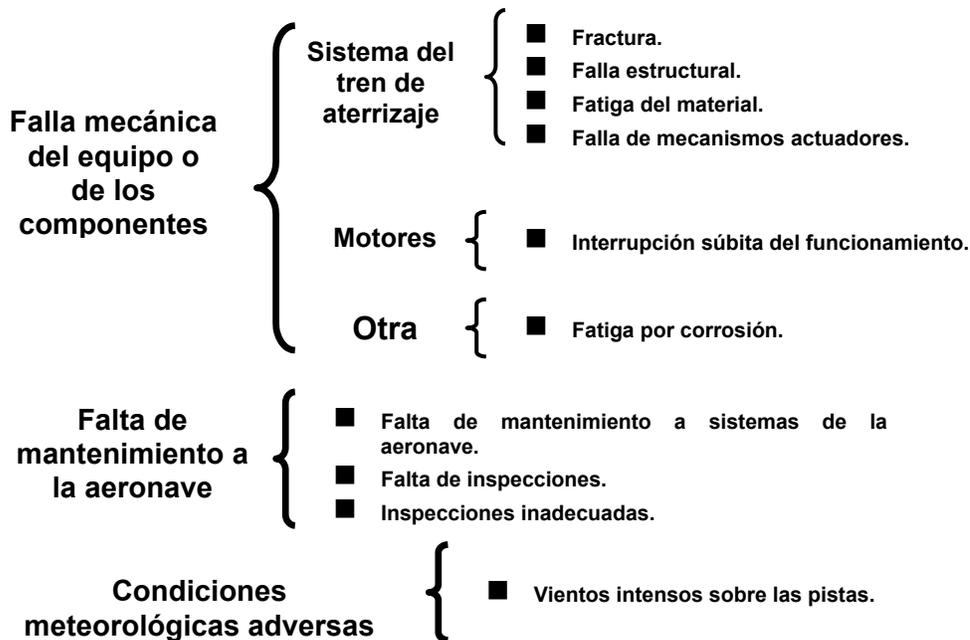
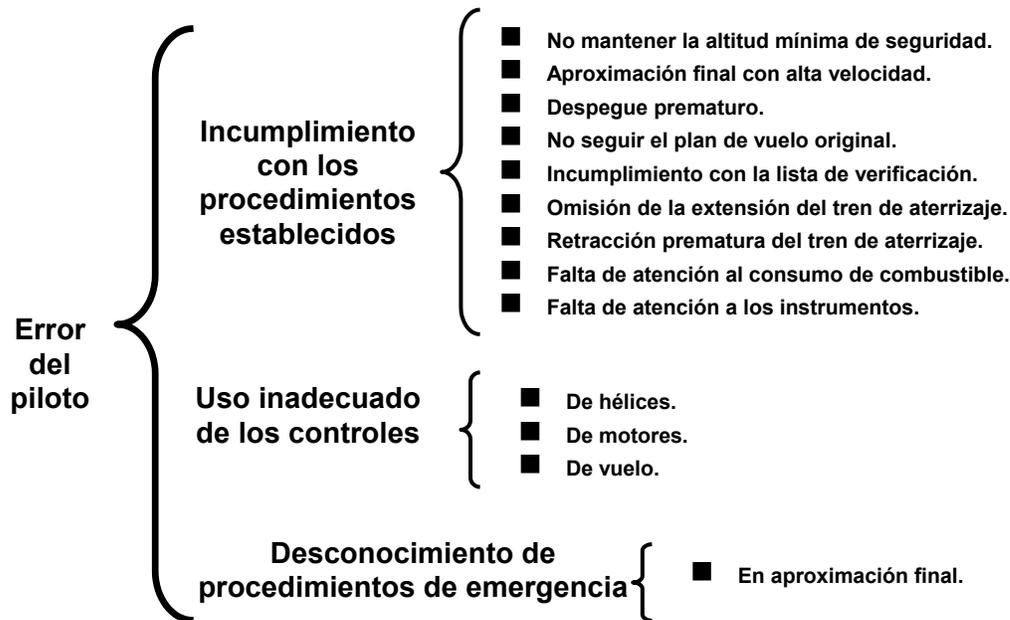
Finalmente, en relación con las condiciones meteorológicas adversas, éstas son fundamentalmente debidas a la presencia de vientos de gran intensidad sobre las pistas de los aeropuertos.

Conviene hacer una distinción, dentro de la aviación comercial, de las líneas aéreas de servicio regular<sup>40</sup> y las de servicio no regular<sup>41</sup>. Esto se debe a que los

<sup>40</sup> Servicio sujeto a itinerarios, frecuencias de vuelos y horarios.

<sup>41</sup> Servicio que no está sujeto a itinerarios, frecuencias de vuelos y horarios. Incluye a los servicios de fletamento (*charter*) y a los taxis aéreos.

Índices de accidentes más completos se han registrado históricamente para el primer grupo de servicios, así su desglose permitirá obtener índices que podrán ser comparados con los correspondientes de la aviación mundial.



Nota: La marca de nacionalidad XA, corresponde a las aeronaves civiles mexicanas de servicio al público de transporte aéreo. Fuente: Ley de Aviación Civil, op. cit., artículo 44.

Fuente: Elaboración propia con base en Departamento de Seguridad Aérea de la D.G.A.C., S.C.T., Registros de Accidentes Aéreos de los años 1990 a 1999.

**Figura 3.22. Principales elementos que conforman a los factores cooperantes primarios de los accidentes de aeronaves con matrícula XA, años 1990-1999.**

En la Tabla 3.7. se muestra el número de accidentes totales y fatales, y el número de muertes como consecuencia de estos últimos, para las líneas aéreas comerciales nacionales de servicio regular y no regular.

**Tabla 3.7. Accidentes y sus consecuencias, en líneas aéreas comerciales nacionales.**

AÑO	LÍNEAS AÉREAS COMERCIALES NACIONALES					
	DE SERVICIO REGULAR			DE SERVICIO NO REGULAR		
	ACCIDENTES	ACCIDENTES FATALES	MUERTES	ACCIDENTES	ACCIDENTES FATALES	MUERTES
1993	6	1	1	27	4	15
1994	2	1	9	21	3	17
1995	3	0	0	24	6	17
1996	3	0	0	21	6	24
1997	1	0	0	32	1	2
1998	4	1	13	13	5	25
1999	2	1	18	14	3	8
TOTALES	21	4	41	152	28	108

Nota: Servicio regular es aquel servicio sujeto a itinerarios, frecuencias de vuelos y horarios. Servicio no regular es aquel servicio que no está sujeto a itinerarios, frecuencias de vuelos y horarios. Incluye a los servicios de fletamento (*charter*) y a los taxis aéreos.

Fuente: Elaboración propia con base en Departamento de Seguridad Aérea de la D.G.A.C., S.C.T., Registros de Accidentes Aéreos de los años 1993 a 1999.

Como se observa, en la Figura 3.23.(a), las líneas aéreas de servicio no regular son las que han tenido el mayor número de accidentes y el mayor número de accidentes fatales (véase Figura 3.23.(b)), y por lo mismo el mayor número de pasajeros muertos (ver Figura 3.23.(c)), con excepción del año 1999.

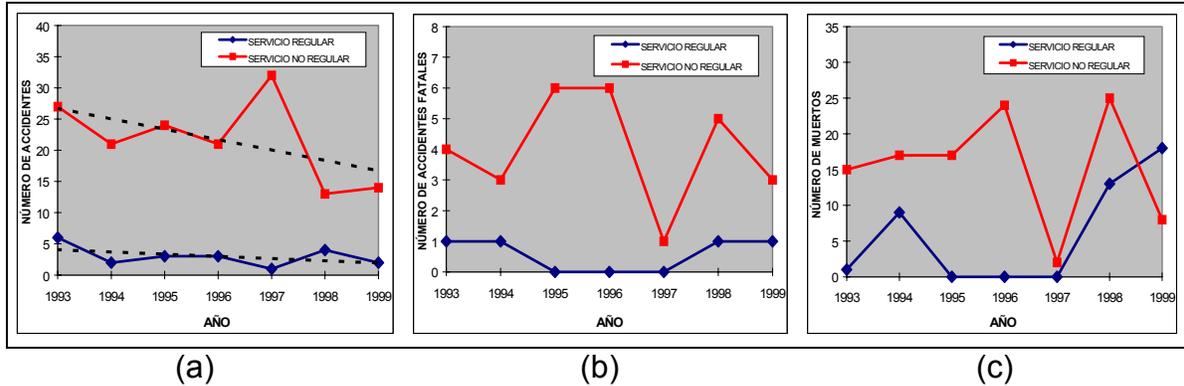
Cabe subrayar que durante el periodo de análisis de la Figura 3.23. (años 1993 a 1999), las líneas aéreas comerciales nacionales de servicio regular, presentaron como máximo un solo accidente fatal por año, e incluso durante el periodo 1995-1997, no presentaron accidentes fatales.

Observemos como tanto en las líneas aéreas comerciales de servicio regular como en las de servicio no regular se presentan muy pocos accidentes fatales. Dado que los accidentes aéreos fatales son muy poco comunes, el análisis de sus datos implica trabajar con muestras pequeñas. Por ello algunos autores afirman que los datos estadísticos en relación con ellos no pueden producir inferencias confiables respecto al comportamiento de la seguridad aérea, sin embargo, otros autores han establecido que esta afirmación podría ser falsa o cuando menos exagerada<sup>42</sup>.

En cuanto al tipo de aeronaves involucradas en los accidentes aéreos durante el periodo 1993-1999, para las aerolíneas de servicio regular, del total de accidentes

<sup>42</sup> Barnett Arnold, *Something Specious in the Air? Some Statistical Misconceptions in Aviation Safety Research*, *Transportation Research Record* No. 1423, U.S.A., 1993, p. 52.

(21), diez fueron aeronaves con motor turboreactor (el 47.5%), nueve fueron aeronaves con motor turbohélice (el 43%) y tan sólo hubo dos aeronaves con motor recíproco (el 9.5%). De los cuatro accidentes fatales, dos fueron en aeronaves con motor turbohélice, uno en una aeronave con motor recíproco (*de pistón*) y otro más en una aeronave con motor turboreactor (véase Figura 3.24.).



Nota: Servicio regular es aquel servicio sujeto a itinerarios, frecuencias de vuelos y horarios. Servicio no regular es aquel servicio que no está sujeto a itinerarios, frecuencias de vuelos y horarios. Incluye a los servicios de fletamento (*charter*) y a los taxis aéreos.

Fuente: Elaboración propia con base en la Tabla 3.7.

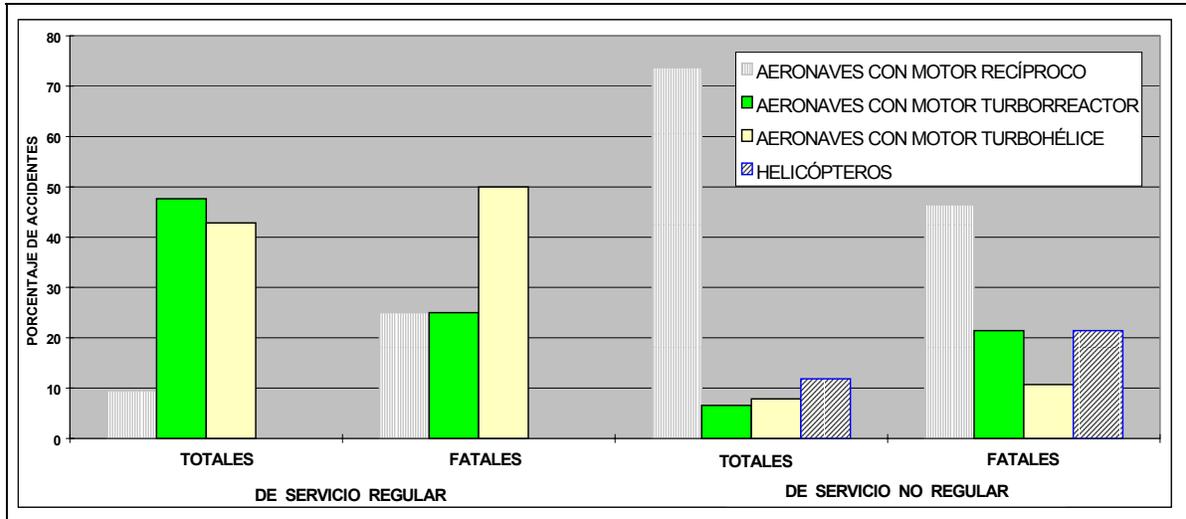
**Figura 3.23. Accidentes y sus consecuencias, en líneas aéreas comerciales nacionales, de servicio regular y no regular.**

En cuanto a las aerolíneas de servicio no regular, del total de accidentes (152), 112 fueron aeronaves con motor recíproco (el 73.7%), dieciocho fueron helicópteros (el 11.8%), doce fueron aeronaves con motor turbohélice (el 7.9%), y diez fueron aeronaves con motor turboreactor (el 6.6%). En relación con los veintiocho accidentes fatales de las aerolíneas de servicio no regular, que se presentaron durante el periodo 1993-1999, trece accidentes fueron en aeronaves con motor recíproco (el 46.4%), seis accidentes en aeronaves con motor turboreactor (el 21.4%), seis accidentes fueron en helicópteros (el 21.4%) y tres accidentes en aeronaves con motor turbohélice (el 10.7%, véase la Figura 3.24.).

Como se observa el mayor porcentaje de los accidentes fatales en la aviación regular corresponde a las aeronaves con motor turbohélice y para las aerolíneas de servicio no regular, el mayor porcentaje de accidentes fatales se presenta en aeronaves con motor recíproco.

Es importante mencionar que dentro de los accidentes de las aerolíneas comerciales nacionales de servicio no regular, poco más del 65% de las aeronaves accidentadas fueron aeronaves ligeras de un mismo fabricante, principalmente monomotoras de distintos modelos, y que dentro de los accidentes fatales el 50% corresponde también a este tipo de aeronaves.

3. Nivel de seguridad del transporte aéreo comercial en México, en relación con parámetros internacionales.

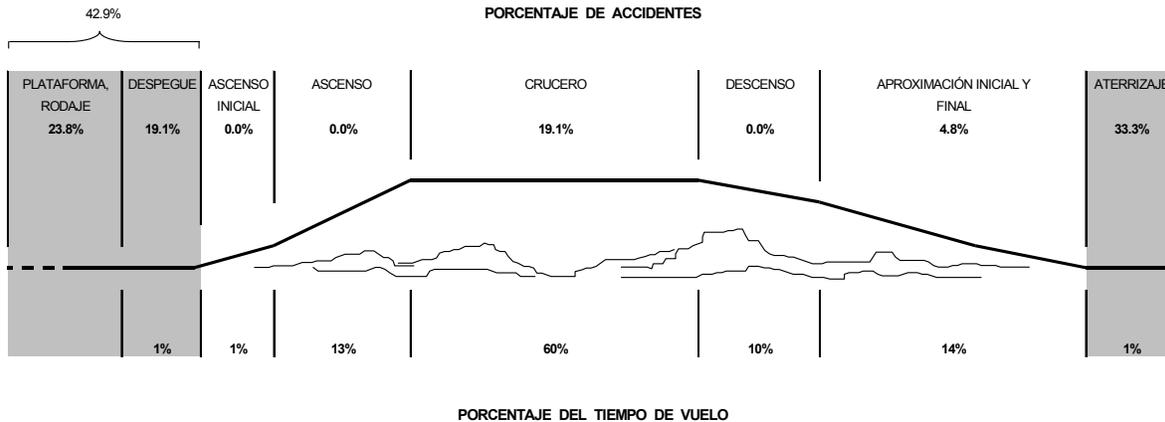


Nota: Servicio regular es aquel servicio sujeto a itinerarios, frecuencias de vuelos y horarios. Servicio no regular es aquel servicio que no está sujeto a itinerarios, frecuencias de vuelos y horarios. Incluye a los servicios de fletamento (*charter*) y a los taxis aéreos.

Fuente: Elaboración propia con base en Departamento de Seguridad Aérea de la D.G.A.C., S.C.T., Registros de Accidentes Aéreos de los años 1993 a 1999.

**Figura 3.24. Porcentajes de accidentes totales y fatales, por tipo de aeronave, para las aerolíneas comerciales nacionales de servicio regular y no regular (años 1993-1999).**

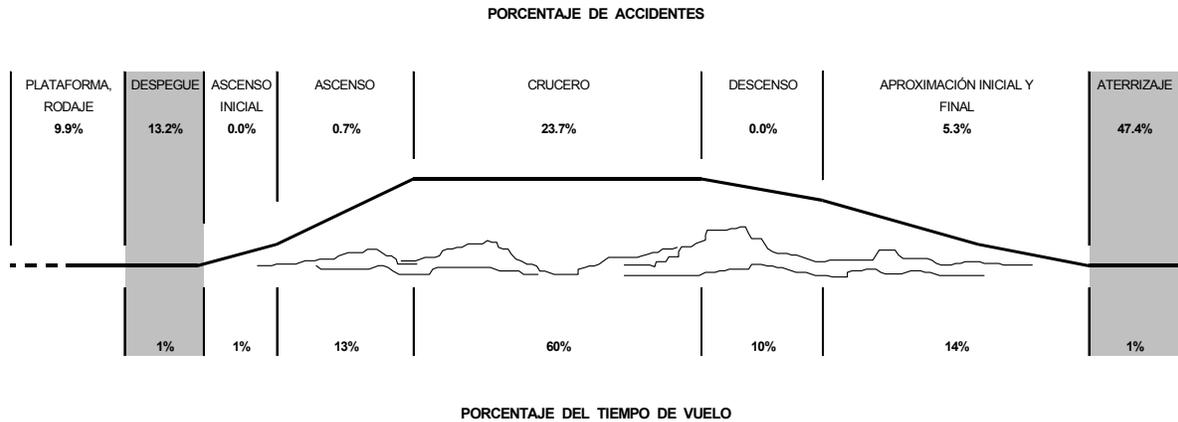
En las Figuras 3.25. y 3.26. se indican los porcentajes de accidentes para las aerolíneas comerciales nacionales de servicio regular y no regular, respectivamente, durante los años 1993-1999, en las distintas fases de vuelo.



Nota: Servicio regular es aquel servicio sujeto a itinerarios, frecuencias de vuelos y horarios.

Fuente: Elaboración propia. Los porcentajes de accidentes para cada una de las distintas fases de vuelo fueron obtenidos con base en Departamento de Seguridad Aérea de la D.G.A.C., S.C.T., Registros de Accidentes Aéreos de los años 1993 a 1999; los porcentajes del tiempo de vuelo fueron obtenidos de *Weener Earl F. y Wheeler Peter B., Key Elements of Accident Avoidance, The Logistics and Transportation Review, March, 1992, U.S.A., p. 52*, con modificaciones propias.

**Figura 3.25. Porcentajes de accidentes en las aerolíneas comerciales nacionales de servicio regular (años 1993-1997), en las distintas fases de vuelo.**



Nota: Servicio no regular es aquel servicio que no está sujeto a itinerarios, frecuencias de vuelos y horarios. Incluye a los servicios de fletamento (*charter*) y a los taxis aéreos.

Fuente: Elaboración propia. Los porcentajes de accidentes para cada una de las distintas fases de vuelo fueron obtenidos con base en Departamento de Seguridad Aérea de la D.G.A.C., S.C.T., Registros de Accidentes Aéreos de los años 1993 a 1999; los porcentajes del tiempo de vuelo fueron obtenidos de Weener Earl F. y Wheeler Peter B., Key Elements of Accident Avoidance, The Logistics and Transportation Review, March, 1992, U.S.A., p. 52, con modificaciones propias.

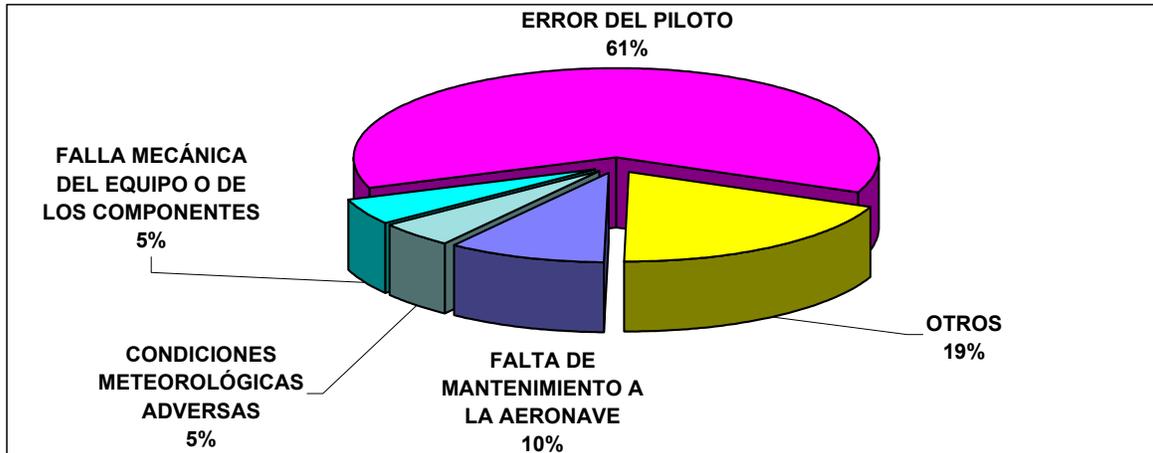
**Figura 3.26. Porcentajes de accidentes en las aerolíneas comerciales nacionales de servicio no regular (años 1993-1999), en las distintas fases de vuelo.**

También en estas figuras, se indica la duración de cada fase, en términos del porcentaje total del tiempo de vuelo. Como se observa tanto para las aerolíneas de servicio regular como para las de servicio no regular, un porcentaje significativo de los accidentes aéreos se presentan durante el despegue y el aterrizaje (el 52.4% y 60.6% respectivamente), aunque en términos del tiempo de exposición, esto representa tan sólo el 2% del tiempo total de vuelo. En el caso de las aerolíneas comerciales nacionales de servicio regular, un porcentaje elevado de accidentes también se observa en la plataforma y durante el rodaje de las aeronaves (23.8%, véase la Figura 3.25.).

En relación con los factores cooperantes primarios de los accidentes en las aerolíneas comerciales nacionales de servicio regular y no regular, para el periodo 1993-1999, el principal factor es atribuido al error de los pilotos, con el 61% y 65% de los casos, respectivamente. Por su parte la falta de mantenimiento a las aeronaves tiene un mayor impacto en la aviación regular, con el 10% de los accidentes, y en menor grado en la aviación de servicio no regular, con tan sólo un 3% de los accidentes. En forma inversa la falla mecánica de los equipos y componentes tiene un menor impacto en los accidentes de la aviación de servicio regular (5%) y mayor en los accidentes de la aviación no regular (11%). Las condiciones meteorológicas adversas afectan en la misma magnitud tanto a los accidentes de las aerolíneas de servicio regular como a los de servicio no regular, con el 5% de los accidentes.

Dentro del rubro de otros factores cooperantes primarios, se tienen diversas causas, incluidas causas desconocidas y accidentes bajo investigación.

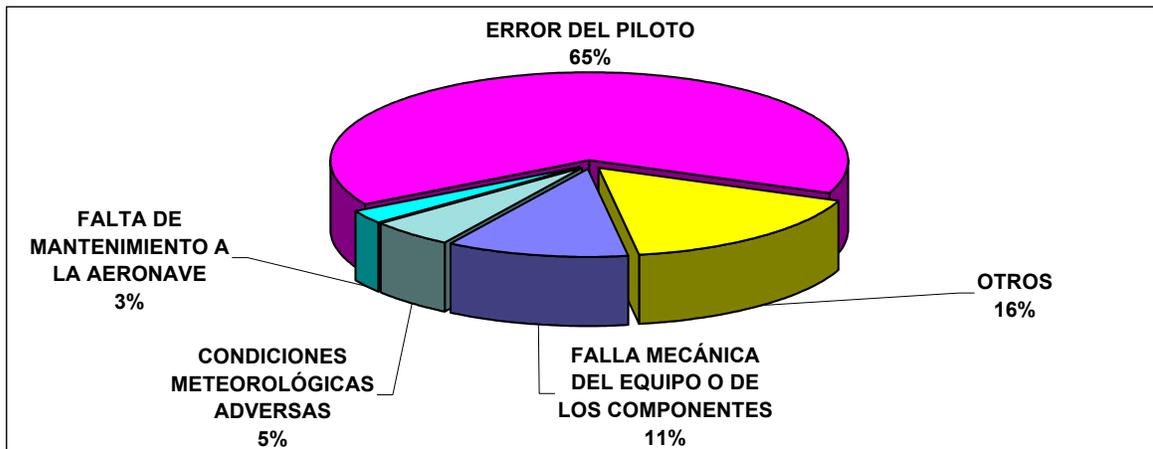
3. Nivel de seguridad del transporte aéreo comercial en México, en relación con parámetros internacionales.



Nota: Servicio regular es aquel servicio sujeto a itinerarios, frecuencias de vuelos y horarios.

Fuente: Elaboración propia con base en Departamento de Seguridad Aérea de la D.G.A.C., S.C.T., Registros de Accidentes Aéreos de los años 1993 a 1999.

**Figura 3.27. Factores cooperantes primarios de los accidentes de aeronaves en las aerolíneas comerciales nacionales de servicio regular (años 1993-1999).**



Nota: Servicio no regular es aquel servicio que no está sujeto a itinerarios, frecuencias de vuelos y horarios. Incluye a los servicios de fletamento (*charter*) y a los taxis aéreos.

Fuente: Elaboración propia con base en Departamento de Seguridad Aérea de la D.G.A.C., S.C.T., Registros de Accidentes Aéreos de los años 1993 a 1999.

**Figura 3.28. Factores cooperantes primarios de los accidentes de aeronaves en las aerolíneas comerciales nacionales de servicio no regular (años 1993-1999).**

### 3.5. Comparación de los índices de accidentes de México contra los de países miembros de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).

En la Tabla 3.8. se han calculado los índices de accidentes para las líneas aéreas comerciales nacionales de servicio regular. Los valores de estos índices pueden ser comparados contra los valores correspondientes, de las líneas aéreas comerciales de servicio regular de los países miembros de la Organización de Aviación Civil Internacional (véase Tabla 3.1.).

**Tabla 3.8. Índices de accidentes de las líneas aéreas comerciales nacionales de servicio regular.**

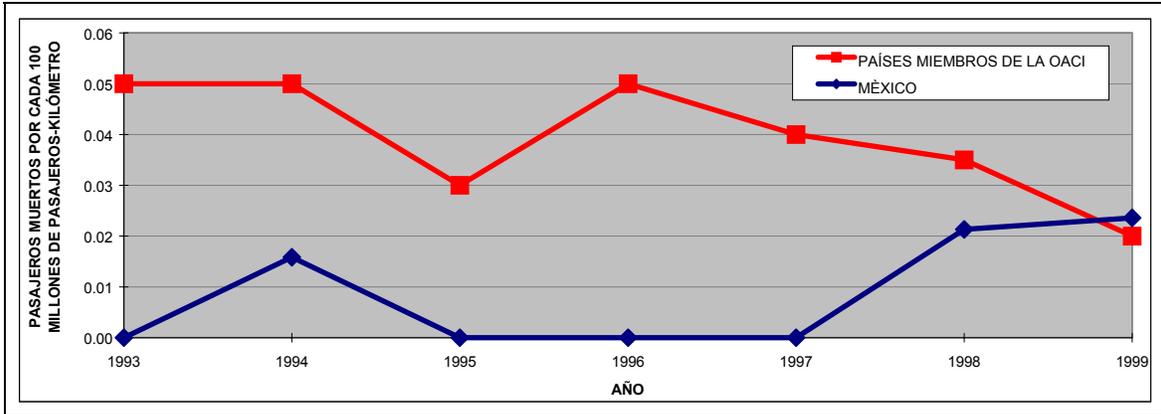
LÍNEAS AÉREAS COMERCIALES NACIONALES DE SERVICIO REGULAR						
AÑO	NÚMERO DE ACCIDENTES FATALES	NÚMERO DE PASAJEROS MUERTOS	ÍNDICES DE ACCIDENTES			
			NÚMERO DE PASAJEROS MUERTOS POR CADA 100 MILLONES DE PASAJEROS-KILÓMETRO	NÚMERO DE ACCIDENTES FATALES POR CADA		
				100 MILLONES DE KILÓMETROS VOLADOS	100,000 HORAS VOLADAS	100,000 ATERRIZAJES
1993	1	0	0.0000	0.1350	0.1107	0.2074
1994	1	7	0.0158	0.1167	0.0957	0.1770
1995	0	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1996	0	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1997	0	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1998	1	11	0.0213	0.0959	0.0787	0.1600
1999	1	13	0.0236	0.0941	0.0772	0.1588

Nota: Servicio regular es aquel servicio sujeto a itinerarios, frecuencias de vuelos y horarios.

Fuente: Elaboración propia, con base en la información del Anexo F.

En las Figuras 3.29. a 3.32, se hace una comparación gráfica de los distintos índices de accidentes de la aviación comercial nacional regular contra los índices respectivos del conjunto de los países miembros de la Organización de Aviación Civil Internacional.

3. Nivel de seguridad del transporte aéreo comercial en México, en relación con parámetros internacionales.

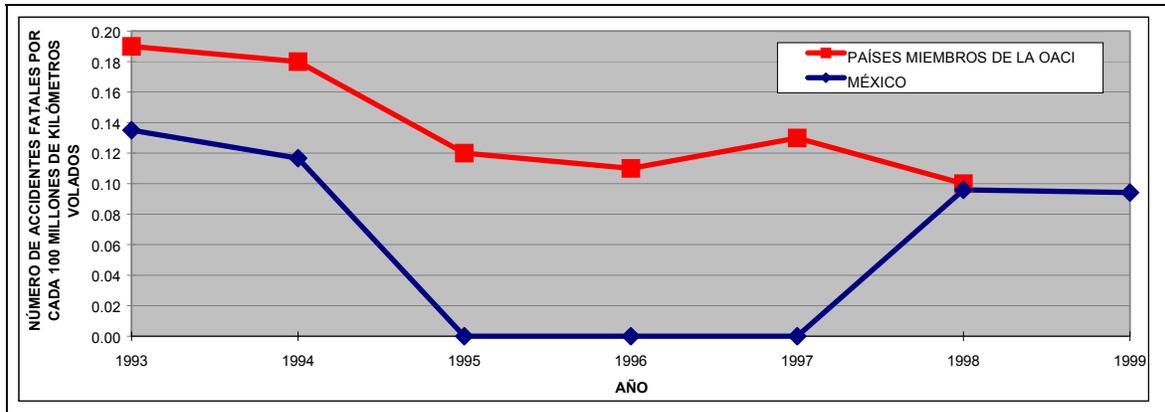


Nota: Servicio regular es aquel servicio sujeto a itinerarios, frecuencias de vuelos y horarios  
Fuente: Elaboración propia con base en las Tablas 3.1. y 3.8.

**Figura 3.29. Pasajeros muertos por cada 100 millones de pasajeros-kilómetro, en las aerolíneas comerciales de servicio regular, años 1993-1999.**

En el caso del índice de pasajeros muertos por cada 100 millones de pasajeros-kilómetro generados (Figura 3.29.), desde el año 1993 y hasta el año 1998 los valores para México son mucho menores que los respectivos del conjunto de países miembros de la Organización de Aviación Civil Internacional (incluso, durante tres años, en el periodo 1995-1997, México tuvo valores iguales a cero); sin embargo, en el año 1999, el valor del índice para México tuvo un repunte tal que sobrepasa ligeramente el valor correspondiente al de los países miembros de la Organización de Aviación Civil Internacional.

En relación con el número de accidentes fatales por cada 100 millones de kilómetros volados (Figura 3.30.), México tuvo valores inferiores al del conjunto de países miembros de la Organización de Aviación Civil Internacional, durante el periodo 1993-1997. Sin embargo, en el año de 1998, México tuvo un incremento significativo en este índice, el cual fue muy similar (aunque ligeramente inferior) al que presenta el conjunto de países miembros de la Organización de Aviación Civil Internacional.



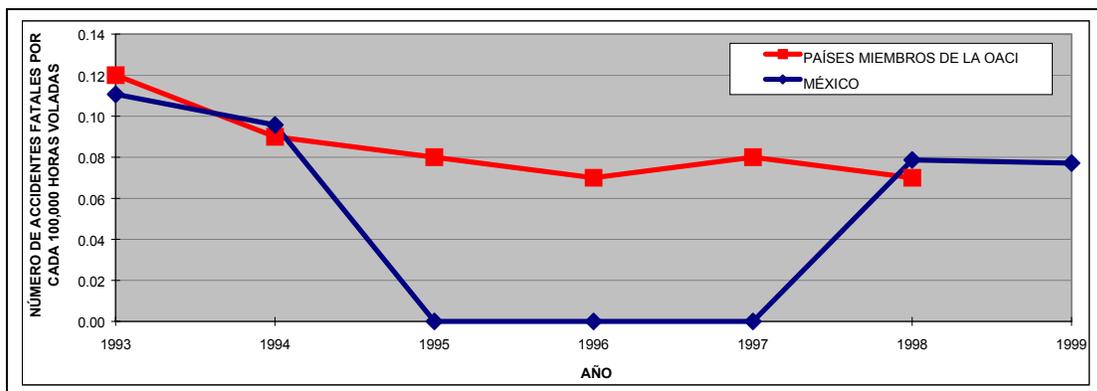
Nota: Servicio regular es aquel servicio sujeto a itinerarios, frecuencias de vuelos y horarios.

Fuente: Elaboración propia con base en las Tablas 3.1. y 3.8.

**Figura 3.30. Accidentes fatales por cada 100 millones de kilómetros volados por las aerolíneas comerciales de servicio regular, años 1993-1999.**

Respecto a los índices de accidentes fatales por cada 100,000 horas voladas y por cada 100,000 aterrizajes efectuados (Figuras 3.31. y 3.32.), México tuvo valores semejantes a los presentados por el conjunto de países miembros de la Organización de Aviación Civil Internacional durante los años 1993 y 1994, posteriormente durante los años 1995 a 1997 los valores para México quedaron muy abajo de los valores respectivos de la Organización de Aviación Civil Internacional, finalmente durante el año de 1998, los índices para México tuvieron un repunte, que situaron a nuestro país con valores incluso mayores que los promedios mundiales de la Organización de Aviación Civil Internacional.

Evidentemente, para los cuatro índices anteriores en el caso de México, se tienen valores iguales a cero para los años 1995, 1996 y 1997, puesto que en este periodo no hubo accidentes fatales en las líneas aéreas comerciales de servicio regular.



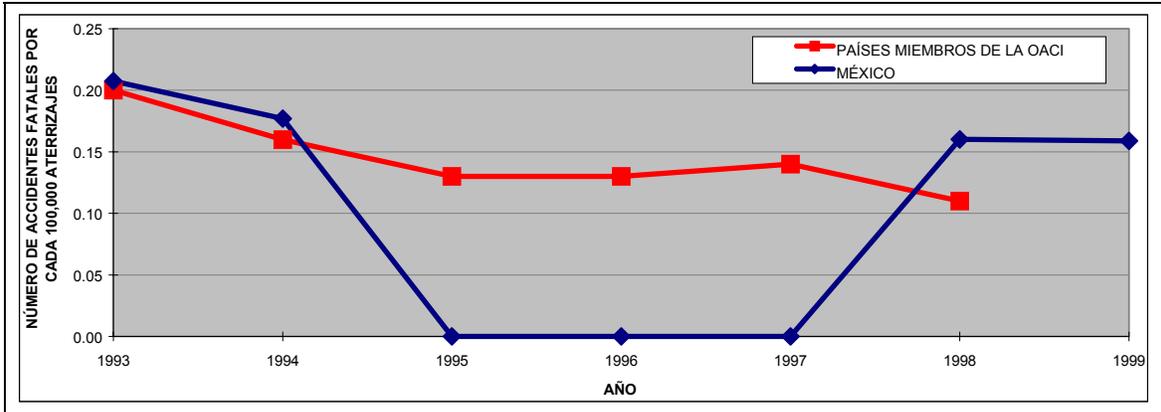
Nota:

Servicio regular es aquel servicio sujeto a itinerarios, frecuencias de vuelos y horarios.

Fuente: Elaboración propia con base en las Tablas 3.1. y 3.8.

**Figura 3.31. Accidentes fatales por cada 100,000 horas voladas por las aerolíneas comerciales de servicio regular, años 1993-1999.**

3. Nivel de seguridad del transporte aéreo comercial en México, en relación con parámetros internacionales.



Nota: Servicio regular es aquel servicio sujeto a itinerarios, frecuencias de vuelos y horarios.

Fuente: Elaboración propia con base en las Tablas 3.1. y 3.8.

**Figura 3.32. Accidentes fatales por cada 100,000 aterrizajes efectuados por las aerolíneas comerciales de servicio regular, años 1993-1999.**



## 4. Conclusiones y recomendaciones.

---

### De la aviación mundial.

- En términos de índices de accidentes históricamente, la seguridad de las aerolíneas en el ámbito mundial ha mejorado continuamente. Muchas de las mejoras se han debido a los avances en la tecnología, particularmente en el continuo desarrollo de los motores turbo reactores y de las aeronaves. Sin embargo, esta histórica tendencia de mejora ha sido muy lenta en años recientes, como lo muestran las líneas de tendencia de los índices de accidentes. Afortunadamente, están actualmente en desarrollo los sistemas de control de vuelo electrónico (fly-by-wire), los sistemas de navegación satelital y los sistemas para evitar colisiones, lo cual resultará en mejoras substanciales de la seguridad aérea, aunque se requerirán varios años para que las aeronaves con estas innovaciones, reemplacen a la flota mundial actual.
- Aunque los índices de accidentes aéreos han tendido a mejorar continuamente, hay que observar que los valores de estos índices son muy distintos, cuando se comparan entre las distintas regiones geográficas del mundo. Así, por ejemplo, la región de África, que tiene los índices más altos en relación con todas las otras regiones, presenta índices de accidentes 19 veces mayores que los de la región de Estados Unidos y Canadá o los de Oceanía, las cuales tiene los índices más bajos de todas las regiones del mundo.
- A pesar de las tendencias actuales a la baja de los índices de accidentes en el ámbito mundial (mediciones de carácter relativo), el número absoluto de accidentes aéreos ha estado incrementándose y continuará haciéndolo debido al incremento en la actividad aérea. Los países industrializados consideran esta situación como inaceptable y han iniciado esfuerzos para revertir las tendencias. Dado que este problema es global, también han considerado la necesidad de mejorar la seguridad aérea en todos los países del mundo.
- La seguridad aérea ha sido reforzada recientemente mediante esfuerzos encaminados a aumentar el conocimiento de la influencia del factor humano en la generación de los accidentes aéreos, sin embargo, antes de que la comunidad de la aviación pueda aplicar estos conocimientos con éxito, hay dos requisitos fundamentales que deben cumplirse. El primero de ellos consiste en que la industria de la aviación debe asegurar que las interacciones entre los humanos y la tecnología permanezcan centradas en los humanos. El segundo requisito debe tomar en cuenta las capacidades y limitaciones humanas cuando se definan los diseños de los sistemas y antes de que entren en operación.
- Los niveles de seguridad operacional de la aviación en los servicios regulares de pasajeros, varían mucho según los distintos tipos de aeronaves utilizadas. Por ejemplo, el índice en términos de pasajeros muertos por cada 100 millones

de pasajeros-kilómetro en los aviones con motores turborreactores, es cinco veces inferior, que el índice respectivo de los aviones con motores de hélice.

- Otro factor importante que se debe mencionar en relación con los accidentes aéreos, es la fase de vuelo donde se presenta el evento primario que origina al accidente. Se ha observado que alrededor del 70% de todos los accidentes con pérdida total de aeronave se presentan durante las fases de despegue, ascenso inicial, aproximación final o aterrizaje. En términos del tiempo de exposición esto representa tan sólo el 6% del tiempo total de vuelo.
- De acuerdo con algunos estudios de accidentes con pérdida total de aeronave, en el ámbito del transporte comercial mundial en aeronaves de reacción, el principal factor cooperante para los accidentes aéreos es atribuido al error de los pilotos, con el 70.5% de los casos, enseguida, aunque muy abajo del porcentaje anterior, se encuentra como factor primario la falla mecánica de la aeronave o de sus componentes con el 11.6% de los casos. Por su parte, las condiciones meteorológicas adversas contribuyen con el 5.4% de los accidentes de este tipo y los accidentes originados por falta de mantenimiento de las aeronaves constituyen el 2.7% de los casos. Sin embargo, la evaluación de las acciones erróneas en los accidentes aéreos no debe ser la conclusión, sino el punto de partida para su investigación.
- De acuerdo con un pronóstico realizado en este trabajo, para el año 2018 se producirá, en promedio, en la aviación comercial regular mundial un accidente aéreo fatal cada semana.
- Algunos autores han establecido que el índice de accidentes en el ámbito mundial podría reducirse a la mitad o aún más, si las aerolíneas de todo el mundo retiraran de servicio todas sus aeronaves de reacción de primera y segunda generación, por aeronaves más recientes de tercera y cuarta generación. Sin embargo, otros datos parecen indicar que el nivel de seguridad alcanzado por cada tipo de aeronave tiene que ver más con la calidad del entrenamiento de las tripulaciones y del mantenimiento de las aeronaves, que con el tipo y edad de la aeronave.

### **De la aviación en México.**

- El número total de accidentes aéreos en México, para todos los tipos de aviación, ha tendido a disminuir notablemente, sobretodo durante el periodo 1981-1985 (disminución del 57%). En el año 1986 el número de accidentes totales tuvo un ligero repunte, y a partir de entonces hasta el año 1999 el número total de accidentes aéreos ha presentado una tendencia a disminuir en forma sostenida, aunque cada vez en forma menos pronunciada.
- En cuanto al número de accidentes aéreos de acuerdo con el tipo de matrícula, se observa que las aeronaves de servicio privado (matrícula XB) representan el mayor número de accidentes aéreos, en cambio, las aeronaves con matrícula

de servicio al público (XA) y las aeronaves del Estado (XC) presentan menores frecuencias de accidentes. Cabe señalar que las frecuencias de accidentes observadas son en parte un reflejo del parque aeronáutico nacional que constituye cada una de estas matrículas. Es decir, se observa una relación directa entre el número de aeronaves y el número de accidentes aéreos que corresponden a cada uno de los tres tipos de matrículas.

- En relación con la aviación comercial en México (matrícula XA), aunque se presentan grandes fluctuaciones en el número de accidentes aéreos que han originado pérdida total de aeronave, su tendencia general es decreciente.
- Se observó una tendencia a la acumulación de los accidentes aéreos, de aeronaves con matrícula XA en algunas regiones específicas del país. En particular Durango, Sinaloa y Chihuahua son los estados con más accidentes aéreos de aeronaves con matrícula XA, al acumular el 41% de estos accidentes. Por su parte en el estado de Quintana Roo, también se produce un número significativo de accidentes aéreos (el 7%). Por otro lado Michoacán, Jalisco y Nayarit, conforman otro grupo de estados, que acumulan en conjunto el 16.3% de estos accidentes. En total los siete estados arriba señalados acumulan casi dos tercios (64.3%) de los accidentes de aeronaves con matrícula XA. Debido a esta concentración de accidentes aéreos en algunos estados de nuestro país, se recomienda un análisis detallado al respecto para explicar el por qué de esta situación, con el propósito de establecer medidas que ayuden a la prevención de accidentes aéreos. Algunos de los elementos que se deberán considerar en este análisis son: tipo de servicio prestado (regular o no regular), rutas, frecuencias de vuelo, tipos de aeronaves y tipos de accidentes.
- En relación con las fases del vuelo en donde se presentan los accidentes aéreos, se observó que el 58.9% de los accidentes aéreos, de aeronaves con matrícula XA se presentó durante el despegue o el aterrizaje. En términos del tiempo de exposición esto representa tan sólo el 2% del tiempo total de vuelo. Ello señala las fases del vuelo que requieren mayor atención para prevenir los accidentes.
- Respecto a los factores cooperantes primarios de los accidentes de aeronaves con matrícula XA, el principal factor corresponde al error de los pilotos, con poco más del 64% de los casos, la falla mecánica del equipo o de los componentes constituye el 12.1% de los casos. Por su parte la falta de mantenimiento de las aeronaves contribuye con el 4.9% de los casos y las condiciones meteorológicas adversas constituyen el 4.5% de los accidentes. Dado que el principal factor cooperante de los accidentes en la aviación comercial en México es atribuido al error de los pilotos, se recomienda que se realicen estudios detallados de los factores humanos relacionados con el incumplimiento de los procedimientos establecidos, el uso inadecuado de los controles y el desconocimiento de procedimientos de emergencia, por parte de

los pilotos, con el fin de establecer medidas para prevenir los accidentes aéreos originados por este factor.

- Al hacer una distinción, dentro de la aviación comercial, de las líneas aéreas de servicio regular y las de servicio no regular, se observó que durante el periodo de años 1993-1999, las líneas aéreas de servicio no regular presentaron el mayor número de accidentes fatales (87.5%) y, por lo mismo, el mayor número de pasajeros muertos (72.5%).
- En cuanto al tipo de aeronaves involucradas en los accidentes aéreos de las aerolíneas de servicio comercial regular (matrícula XA), durante el periodo 1993-1999, el 47.5% del total de accidentes fueron aeronaves con motor turboreactor y el 52.5% fueron aeronaves con motor de hélice. En relación con las aerolíneas de servicio comercial no regular, el 6.6% del total de accidentes fueron aeronaves con motor turboreactor y el 93.4% fueron aeronaves con motor de hélice.
- En este trabajo se ha puesto particular interés en la seguridad aérea de la aviación comercial nacional, sin embargo, el mayor número de accidentes se presenta en las aeronaves de servicio privado (matrícula XB), por lo que se recomienda hacer una revisión detallada de este segmento de la aviación.
- Se recomienda que una autoridad competente obtenga sistemáticamente los índices de accidentes de la aviación en México, no sólo para la aviación comercial, sino para los tres tipos de matrículas de aeronaves. En el caso de la aviación comercial (regular y no regular), se recomienda que se obtengan los índices en forma desagregada para cada compañía aérea. La vigilancia constante de estos índices, junto con la identificación de los factores cooperantes primarios de los accidentes son una herramienta muy útil que permitirá tomar las medidas preventivas oportunas, para reducir y mitigar los accidentes aéreos.

### **De la aviación mundial y México.**

- En términos generales, una comparación de los cuatro principales índices de accidentes aéreos de México, contra los respectivos del conjunto de países miembros de la Organización de Aviación Civil Internacional, indica un mejor desempeño de nuestro país durante el periodo 1993 a 1997, sin embargo, durante los años 1998 y 1999, estos índices para México han tenido un repunte tal que sus valores han resultado ser muy similares al del conjunto de países miembros de la Organización de Aviación Civil Internacional, o incluso ligeramente mayores.
- La distribución de accidentes por fases de vuelo de la aviación comercial nacional se asemeja a la del grupo de países miembros de la Organización de Aviación Civil Internacional, en la concentración de la ocurrencia en las fases de despegue y aterrizaje, aunque existen diferencias de magnitud en los

valores de las distintas fases. En la aviación comercial nacional la concentración de la frecuencia de accidentes, en esas dos fases, es mucho mayor que la que se presenta en el grupo de países miembros de la Organización de Aviación Civil Internacional.

- La distribución de accidentes de la aviación comercial nacional según los principales factores cooperantes, es muy similar a la del grupo de países miembros de la Organización de Aviación Civil Internacional: alrededor de 2/3 atribuible a errores de los pilotos, 12% a fallas mecánicas, 5% a condiciones meteorológicas adversas y 3-5% a falta de mantenimiento.



## Referencias.

---

Aguerrebere Salido Roberto, Tesis Planeación de la Seguridad Sísmica en los Asentamientos Humanos: el Caso de la Ciudad de México, Facultad de Ingeniería, U.N.A.M., México, 1983.

Air Transport World, de los meses enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre de 1999, E.U.A.

Anteproyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-070-SCT3-1999. Establece el uso obligatorio dentro del espacio aéreo mexicano del sistema de advertencia de la proximidad del terreno (GPWS) y su sistema mejorado (EGPWS), así como los procedimientos de instalación y operación en aeronaves civiles y del estado distintas a las militares.

Assad Kotaite, ICAO providing the tools and leadership needed for enhancing safety worldwide, ICAO Journal, Volume 54, No. 5, Canadá, June 1999.

B. Pagnanelli, P. Albanese, Air Transport Safety, A basic issue for aviation insurers, E.U.A., 1997.

Barnett Arnold, Something Specious in the Air? Some Statistical Misconceptions in Aviation Safety Research, Transportation Research Record No. 1423, U.S.A., 1993.

Federal Aviation Administration, FAR Part 121, U.S.A.

Federal Aviation Administration; Human Factors Team Report on the Interfaces Between Flight Crews and Modern Flight Deck Systems, Washington, D.C., U.S.A., 1996.

<http://avsp.larc.nasa.gov/>

<http://dnausers.d-n-a.net/dnetGOjg/Disasters.htm>

<http://www.aviationcommission.dot.gov/>

<http://www.el-universal.com.mx/>

<http://www.excelsior.com.mx/exe04.html>

<http://www.excelsior.com.mx/exe06.html>

<http://www.excelsior.com.mx/nac33.html>

[http://www.icao.int/icao/en/jr/5501\\_up.htm](http://www.icao.int/icao/en/jr/5501_up.htm).

<http://www.icao.int/icao/en/nr/pio200004.htm>

[http://www.sct.gob.mx/f\\_marco.htm](http://www.sct.gob.mx/f_marco.htm)

<http://www.trima.lv/avia/organiz/jaa.html>

ICAO Journal, December 1994, Montreal, Canada.

ICAO Journal, July 1989, Montreal, Canada.

ICAO Journal, July 1992, Montreal, Canada.

ICAO Journal, July/August 1993, Montreal, Canada.

ICAO Journal, July/August 1994, Montreal, Canada.

ICAO Journal, July/August 1995, Montreal, Canada.

ICAO Journal, July/August 1998, Montreal, Canada.

ICAO Journal, July/August 1999, Montreal, Canada.

ICAO releases preliminary safety and security statistics for air carrier operations in 1999, 3 April 2000, Montreal, Canada.

J.A. Donoghue, Changing the future, Air Transport World, May 1998, U.S.A.

Jean Paries, Shift in safety paradigm is key to future success in reducing air accidents, ICAO Journal, Volume 54, No. 5, June 1999, Canadá.

Ley de Aeropuertos, publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 22 de diciembre de 1995.

Ley de Aviación Civil, publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 12 de mayo de 1995.

Ley de Vías Generales de Comunicación, publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 19 de febrero de 1940.

Mendoza Díaz Alberto, Reporte de Actividades del Instituto Mexicano del Transporte dentro del Comité Nacional de Prevención de Accidentes en Carreteras Federales, IMT, México, 1999.

Mortimer Les, A Half Century of Technological Change and Progress, ICAO Journal, September 1994, Montreal, Canada.

Oster Clinton V. Jr. y Strong John S., The Worldwide Aviation Safety Record, The Logistics and Transportation Review, March, 1992, U.S.A.

Periódico El Financiero, diversas fechas.

Periódico Excelsior, diversas fechas.

Periódico REFORMA, diversas fechas.

Periódico, El Universal, diversas fechas.

R. Curtis Graeber, Tools developed by aircraft builder designed to help airlines manage human error, ICAO Journal, Volume 54, No. 5, June 1999, Canadá.

Reglamento de la Ley de Aeropuertos, publicado en el Diario Oficial de la Federación, el día 17 de febrero del año 2000.

Reglamento de la Ley de Aviación Civil, publicado en el Diario Oficial de la Federación, el día 4 de diciembre de 1998.

Revista de la OACI, julio/agosto de 1997, Montreal, Canadá.

Robles Corona Lidia, Mantenimiento a las aeronaves y su impacto en la seguridad de vuelo, Primer Congreso Nacional e Internacional de Aeronáutica en México 1988, México, 1988.

S.C.T., Anuario Estadístico 1998, México, 1999.

S.C.T., D.G.A.C., Departamento de Seguridad Aérea, Registros de Accidentes Aéreos de los años 1990 a 1999.

S.C.T., D.G.A.C., La Aviación Mexicana en Cifras 1976-1986, México, 1988.

S.C.T., D.G.A.C., La Aviación Mexicana en Cifras 1980-1989, México, 1990.

S.C.T., D.G.A.C., La Aviación Mexicana en Cifras 1990-1996, México, 1997.

S.C.T., D.G.A.C., La Aviación Mexicana en Cifras 1992-1998, México, 1999.

S.C.T., D.G.A.C., La Aviación Mexicana en Cifras, México, 2000.

S.C.T., Dirección General de Planeación, Anuario Estadístico del Sector Comunicaciones y Transportes 1994, México, 1995.

*Siomkos George J., Managing airline disasters: the role of consumer safety perceptions and sense-making, Journal of AIR TRANSPORT MANAGEMENT, Volume 6, Issue 2, April, Great Britain, 2000.*

Supplement to the ICAO Journal, January 2000, Montreal, Canada.

*Weener Earl F. y Wheeler Peter B., Key Elements of Accident Avoidance, The Logistics and Transportation Review, March, 1992, U.S.A.*

William G. Bozin, Commercial Aviation Safety Team, TR NEWS, Number 203, July-August 1999, Transportation Research Board, National Research Council, U.S.A.



## ANEXO A.

---

**Razones probables por las que la industria aeronáutica de los Estados Unidos ha considerado como inaceptable el incremento en el número de accidentes aéreos con pérdida total de aeronave.**

Aunque el índice de accidentes aéreos se ha mantenido más o menos uniforme durante los últimos años (periodo 1989-1999) la industria aérea ha considerado como inaceptable el incremento del número absoluto de accidentes con pérdida total de aeronave, ¿por qué?

Podría pensarse inicialmente que esto se debe al incremento en el número de pérdidas humanas que esto ocasiona, sin embargo, el modo de transporte aéreo participa con una mínima parte en el número de pérdidas humanas dentro de los distintos modos de transporte<sup>43</sup>.

Puede argumentarse también que su importancia radica en el costo económico que genera directamente el accidente, el cual entre otros costos involucra al de la propia aeronave (ver Tabla A.1.)<sup>44</sup> y los gastos por indemnizaciones<sup>45</sup> generados por las víctimas del accidente.

Otra razón poderosa puede ser la imagen negativa que los accidentes aéreos generan en los usuarios<sup>46</sup>. Recordemos los efectos del accidente aéreo con pérdida total de aeronave propiedad de la empresa TAESA, ocurrido el 9 de noviembre de 1999.

---

<sup>43</sup> Por ejemplo, para el año 1996 en la red carretera federal de México se produjeron 58,208 accidentes que generaron como resultado 4,927 muertos, en cambio, para ese mismo año, se presentaron 24 accidentes aéreos en aeronaves de servicio al público (XA) lo cual generó un total de 24 muertos. Así, para ese año, el número de muertos en accidentes de aeronaves con matrícula XA fue menor al 0.5% del número de fallecimientos de los accidentes carreteros en la red federal. Referencia, Mendoza Díaz Alberto, Reporte de Actividades del Instituto Mexicano del Transporte dentro del Comité Nacional de Prevención de Accidentes en Carreteras Federales, IMT, México, 1999, p. 10.

<sup>44</sup> Dependiendo de su tipo y año de construcción una aeronave puede llegar a costar más de 140 millones de dólares.

<sup>45</sup> El costo medio de la muerte de un pasajero estadounidense se elevó en el periodo 1990-1995 a 1.5 millones de dólares, mientras que, en el mismo periodo, sólo fue de 135 mil dólares para la media de los pasajeros del resto del mundo. Es decir, en los Estados Unidos el costo promedio de la muerte de un pasajero es once veces superior al del resto del mundo. Fuente: B. Pagnanelli, P. Albanese, *Air Transport Safety, A basic issue for aviation insurers*, E.U.A., 1997, pp. 73-90.

<sup>46</sup> Aproximadamente uno de cada tres usuarios del transporte aéreo tomarán alguna medida radical o moderada en contra de aquellas aerolíneas de las cuales recuerdan que han tenido algún accidente aéreo. Fuente: Siomkos George J., Managing airline disasters: the role of consumer safety perceptions and sense-making, *Journal of AIR TRANSPORT MANAGEMENT*, Volume 6, Issue 2, April, Great Britain, 2000, p. 106.

**Tabla A.1. Precios de aeronaves comerciales.**

<b>Tipo de aeronave</b>	<b>Año de construcción</b>	<b>Valor en el mercado<sup>A</sup> (millones de dólares)</b>
DC-9-30	1975	3.2
<i>Jetstream</i> 41	1996	4.3
L-1011-200	1979	4.9
DHC-8-200	1996	7.9
ATR 42-500	1996	9.8
<i>Fokker</i> 100	1993	13.6
ATR 72-500	1999	14.7
ERJ-145	1999	14.8
DC-10-30	1980	15.4
CRJ-200ER	1999	18.1
MD-83	1992	21.0
737-500	1993	22.1
MD-90	1997	30.9
A310-300	1992	32.4
757-200	1992	36.3
A300-600R	1994	38.8
A300-600	1994	40.2
A321-200	1998	51.2
767-300ER	1994	66.2
767-300	1994	68.3
MD-11	1999	101.5
777-200IGW	1999	130.6
747-400	1999	145.1

<sup>A</sup> Precio más probable de venta en el mercado corriente durante el año de 1999.

Fuente: Elaboración propia con base en *Air Transport World*, de los meses enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre de 1999, E.U.A., pp. 75, 83, 91, 87, 115, 137, 107, 95, 113, 111, y 75 respectivamente.

En dicho accidente la aeronave se desplomó a ocho kilómetros al Sur de Uruapan, Michoacán y como resultado sus dieciocho ocupantes perdieron la vida<sup>47</sup>. Una semana después del accidente aéreo, la empresa TAESA se vio obligada a cancelar casi 30 vuelos por falta de pasajeros<sup>48</sup>. Incluso personal de dicha empresa admitió que muchos pasajeros prefirieron cancelar reservaciones o cambiar de aerolínea<sup>49</sup>. Dicho accidente aéreo y cuatro incidentes posteriores originaron la suspensión de operaciones de la aerolínea<sup>50</sup> el 23 de noviembre de 1999, la cancelación de su concesión como línea aérea<sup>51</sup> el 11 de febrero del 2000, y finalmente fue declarada en estado jurídico de quiebra<sup>52</sup> el 21 de febrero del 2000.

Es decir la desconfianza de los usuarios para utilizar el servicio de la compañía aérea de la aeronave accidentada produjo efectos negativos en la demanda del servicio, lo cual aunado a otros factores condujeron a un resultado mucho más costoso (su quiebra jurídica) que el costo directo del accidente. Sin embargo, las consecuencias indirectas de un solo accidente aéreo pueden ir todavía más lejos. Por ello, tres días después del accidente de la aeronave de TAESA, el sector turístico nacional reconoció que dicho suceso afectaría la imagen de la aviación comercial nacional y con ello a la industria turística, por lo que establecieron propuestas para evitar el desplome de la demanda turística. Algunas de las propuestas fueron; dar a conocer las causas reales del accidente y el diseño e impulso de un plan promocional para contrarrestar los efectos negativos del accidente en la industria turística<sup>53</sup>.

---

<sup>47</sup> Periódicos: *Excelsior*, sección Primera Plana, <http://www.excelsior.com.mx/exe06.html>, *El Universal*, Primera Plana, <http://www.el-universal.com.mx/>, y *El Financiero*, p. 50, todos del día 10 de noviembre de 1999.

<sup>48</sup> De acuerdo con reportes de la Comandancia del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México. Periódico *El Financiero*, del día 19 de noviembre de 1999, p. 34.

<sup>49</sup> Periódico *El Financiero*, del día 19 de noviembre de 1999, p. 34.

<sup>50</sup> Periódicos: *REFORMA*, del día 24 de noviembre de 1999, p. 1A, y *Excelsior*, sección Primera Plana, del día 24 de noviembre de 1999, <http://www.excelsior.com.mx/exe04.html>

<sup>51</sup> Periódico, *El Financiero*, del día 11 de febrero del año 2000, p. 21.

<sup>52</sup> Periódicos: *El Financiero*, del día 22 de febrero del 2000, p. 18, y *Excelsior*, sección Otras Noticias, del día 22 de febrero del 2000, <http://www.excelsior.com.mx/nac33.html>

<sup>53</sup> Periódico, *Excelsior*, sección Primera Plana, del día 12 de noviembre de 1999, <http://www.excelsior.com.mx/exe06.html>



## ANEXO B.

---

### **Herramientas desarrolladas por los fabricantes de aeronaves para ayudar a las aerolíneas a controlar el error humano<sup>54</sup>.**

A finales del año 1999, la Boeing dio a conocer a las aerolíneas la más reciente herramienta de análisis de los factores humanos, relacionados con los accidentes aéreos. El desarrollo de dicha herramienta fue sin cargo económico alguno para las líneas aéreas. Esta herramienta se centra en el cumplimiento por parte de la tripulación de vuelo de los procedimientos establecidos.

Los esfuerzos para ayudar a resolver los problemas de accidentes debidos al factor humano han sido desarrollados por distintos fabricantes de aeronaves; en particular, la Boeing ha identificado varias formas en las cuales los fabricantes pueden tener un papel de soporte importante. Actualmente están trabajando en el desarrollo de: ayudas de entrenamiento para los pilotos, herramientas para el control del error humano y mecanismos de retroalimentación. Esta compañía participa en las iniciativas de investigación en el área de factores humanos en conjunto con la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) y la *International Air Transport Association* (IATA).

Las ayudas de entrenamiento diseñadas para prevenir los accidentes originados por impacto contra el terreno sin pérdida de control (CFIT) fueron desarrolladas por un grupo formado por la Organización de Aviación Civil Internacional, la *Flight Safety Foundation* (FSF) y la *Boeing*. Un esfuerzo conjunto más reciente que involucra a los fabricantes ha culminado con el desarrollo de las ayudas de entrenamiento para la recuperación de perturbaciones por alabeo.

### **Herramientas para el control de los errores humanos.**

La aviación ha confiado tradicionalmente, para apoyar su seguridad, en la selección, entrenamiento y certificación de su personal, así como en procedimientos escritos detallados. Aunque estos elementos son barreras importantes para evitar el error humano, su énfasis ignora la contribución real que los diseños, ambiente y otros factores imponen al rendimiento humano. Como resultado, a los problemas del rendimiento humano a menudo no se les da el nivel de análisis sistemático que merecen para prevenir la ocurrencia de los accidentes. Sin embargo, siempre se ha asumido implícitamente que los pilotos y mecánicos de aviación entrenados pueden tener siempre la suficiente flexibilidad y creatividad para llenar los huecos del sistema y mantenerlo así seguro. Dada la naturaleza impredecible del ambiente operacional de la aviación, no hay duda de que esta

---

<sup>54</sup> R. Curtis Graeber, *Tools developed by aircraft builder designed to help airlines manage human error*, *ICAO Journal*, Volume 54, No. 5, June 1999, Canadá, pp. 11 a 13.

capacidad humana ha sido el principal factor que la ha hecho tan segura como lo es hoy en día. Sin embargo, a menudo los errores son censurados como negligencia o incompetencia, sin observar de una manera más amplia al sistema y la forma en que el comportamiento humano está apoyado. Aún en los más serios accidentes e incidentes aéreos, es raro que se realice un minucioso análisis de los factores humanos involucrados.

Si la industria de la aviación va a obtener provecho del conocimiento del comportamiento humano para lograr una reducción significativa en los índices de accidentes, es necesario un conocimiento mayor y más confiable (más y mejores bases estadísticas) de cómo los humanos interactúan con la tecnología en el mundo real. Por supuesto, el mayor reto estará en las estructuras políticas y legales necesarias para favorecer un reporte honesto, cuando los errores humanos se presentan.

En el año de 1991 la compañía *Boeing* inició esfuerzos para cambiar el enfoque del análisis de accidentes que busca una causa primaria, por el del desarrollo de estrategias para la prevención de accidentes. Esto fue realizado mediante la revisión y análisis de accidentes ocurridos en aeronaves comerciales con motores de reacción, durante un periodo de 10 años (1982-1991), e identificando todas las estrategias que podrían haber prevenido la pérdida total de las aeronaves. Como resultado de esta revisión fueron identificadas algunas estrategias trascendentes. Las estrategias que podrían haber prevenido el mayor número de accidentes involucraban el cumplimiento, por parte del piloto, de los procedimientos establecidos para el vuelo. Casi el 50% de todos los accidentes con pérdida total de aeronave podrían haber sido evitados en esta forma.

Para que en la industria de la aviación se tenga un cumplimiento estricto de los procedimientos, con el fin de prevenir los accidentes, se debe avanzar más allá de una aproximación disciplinaria tradicional. Se necesita comprender por qué la tripulación no cumple con dichos procedimientos. Tal conocimiento requiere una retroalimentación oportuna y un análisis de los factores humanos a profundidad. Otro impedimento importante es el hecho de que las violaciones a los procedimientos a menudo no son reportadas debido al temor de ser reprendidos. Como resultado, las violaciones a los procedimientos comúnmente no son descubiertas hasta que ocurre una consecuencia negativa. La situación es muy similar cuando se presentan errores operacionales entre el personal de mantenimiento de las aeronaves.

Por estas razones, la *Boeing* ha desarrollado dos herramientas centradas en los factores humanos, las cuales han sido diseñadas para ayudar a las aerolíneas a controlar los errores humanos y para aprender como hacer mejoras sistemáticas en la seguridad aérea. Ambas herramientas operan de acuerdo con la filosofía de que los pilotos de las aeronaves o los mecánicos de aviación no cometen los errores a propósito, sino que los errores son comúnmente debidos a factores cooperantes. Así que, para prevenir los errores, es necesario identificar estos factores y tratar de eliminarlos o modificarlos.

### **Ayuda de decisiones para evitar errores de mantenimiento.**

La primera de estas herramientas es la ayuda de decisiones para errores de mantenimiento (MEDA, por sus siglas en inglés, *Maintenance Error Decision Aid*), la cual tiene como objeto ayudar a las aerolíneas a cambiar de una política de censura a los mecánicos de aviación por cometer errores, al de una política que intenta comprender en forma sistemática los factores cooperantes de tales errores. MEDA provee un medio notable de supervisión mediante un método estructurado para el análisis y seguimiento de los factores cooperantes que conducen a los errores de mantenimiento.

Desde la puesta en marcha de esta herramienta, en el año de 1994, la Boeing ha proporcionado entrenamiento para mostrar su implementación, a más de 100 organizaciones en todo el mundo, sin costo para los usuarios y en sus lugares de trabajo. Muchos operadores han sido testigos de una mejora substancial en la seguridad aérea y además han experimentado beneficios económicos significativos en términos de reducción de demoras en las salidas de sus aeronaves. Algunas aerolíneas también han reportado que el uso de MEDA los ha ayudado a cambiar su cultura disciplinaria, al eliminar el ciclo de la censura y al colocar en su lugar a la investigación del por qué un evento tiene lugar.

Herramienta para lograr el cumplimiento con los procedimientos establecidos.

La segunda herramienta, conocida como PEAT por sus siglas en inglés (*Procedural Event Analysis Tool*), acaba de ser terminada y liberada a la industria, sin costo alguno, a finales del año de 1999. Esta herramienta se centra en el cumplimiento, por parte de las tripulaciones de vuelo, con los procedimientos establecidos. Las razones por las cuales las tripulaciones de vuelo no cumplen con los procedimientos van desde instrucciones ambiguas o poco comprensibles hasta entrenamiento inadecuado, problemas de diseño, situaciones operacionales inesperadas o decisiones inadecuadas. Sin embargo, debido a que los miembros de la tripulación involucrados pueden compartir sus experiencias y percepciones del problema, no se debe permitir el desperdiciar la oportunidad única que estos sucesos ofrecen para mejorar significativamente la forma en que se operan las aeronaves.

Por ello, no es sorprendente que en un reporte de la *Federal Aviation Administration* (FAA) en relación con la investigación de los factores humanos<sup>55</sup>, se reconozca su importancia y se recomiende lo siguiente: *La FAA debe asegurarse de que los análisis de accidentes sean conducidos buscando una mejor comprensión del por qué las tripulaciones de vuelo se desvían de los procedimientos establecidos, particularmente cuando dichas desviaciones contribuyen al origen o prevención de accidentes o incidentes.*

---

<sup>55</sup> *Federal Aviation Administration; Human Factors Team Report on the Interfaces Between Flight Crews and Modern Flight Deck Systems*, Washington, D.C., U.S.A., 1996.

En este reporte también se señala que "el simple listado del incumplimiento de los procedimientos, por parte de la tripulación de vuelo, como un factor cooperante, sin la determinación de si hubo más razones importantes para dicho incumplimiento, conduce finalmente a que dicha estrategia esté destinada a fallar, debido a la presencia de otros problemas sistemáticos".

El diseño del PEAT es similar al del MEDA y, por lo mismo, asume que no hay razones para que el piloto incumpla los procedimientos en forma irreflexiva o que cometa errores en forma intencional. Esto permite al analista entrevistar al piloto involucrado y documentar el error y las razones atrás de él. Ambas herramientas toman ventaja de lo que conocemos acerca de los aspectos de la toma de decisiones y el apego a los procedimientos, y ofrecen un archivo de los distintos tipo de errores por desapego a los procedimientos que pueden ocurrir y de los factores que pueden influir para que la tripulación sí utilice los procedimientos establecidos.

## ANEXO C.

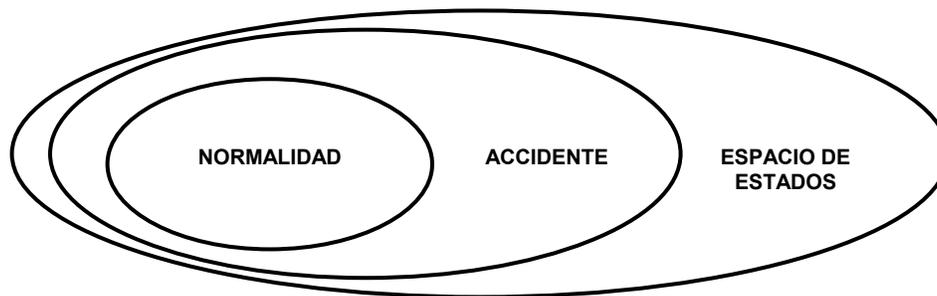
---

### Introducción al marco conceptual sistémico de los accidentes aéreos.

El término *factores cooperantes* se refiere al conjunto de causas que originan un accidente. Es muy raro que haya una sola causa para que se presente un accidente, por ello este término debe ser evitado y debe pensarse en términos de factores cooperantes del accidente. Los accidentes son eventos complejos, por lo que comúnmente muchos factores deben combinarse para que ocurran, si esto no fuera así, habría muchos más accidentes cotidianamente.

Dentro del marco conceptual, el término *accidente* se referirá a aquel evento en tiempo y espacio, resultado del impacto de los factores cooperantes, que se identifica por los daños humanos, materiales, productivos, ecológicos y/o sociales.

Se puede considerar que un accidente es un subconjunto de los estados del *sistema afectable* (véase Figura C.1.), producto de una interacción eventual de éste con el *sistema perturbador*. El sistema afectable (SA) corresponde, en este caso, al sistema integrado por el hombre y los componentes que conforman al transporte aéreo (por ejemplo, el piloto de la aeronave, el controlador de tránsito aéreo, la aeronave misma, el aeropuerto, los sistemas de control de tránsito aéreo, etcétera), y en él pueden materializarse los accidentes ante los factores cooperantes. El sistema perturbador (SP), por otro lado, es el sistema capaz de producir los factores cooperantes (falla estructural de la aeronave, falla del motor, condiciones meteorológicas adversas, comportamiento del piloto, etcétera) que al impactar al SA, pueden transformar su estado normal en un accidente<sup>56</sup>.



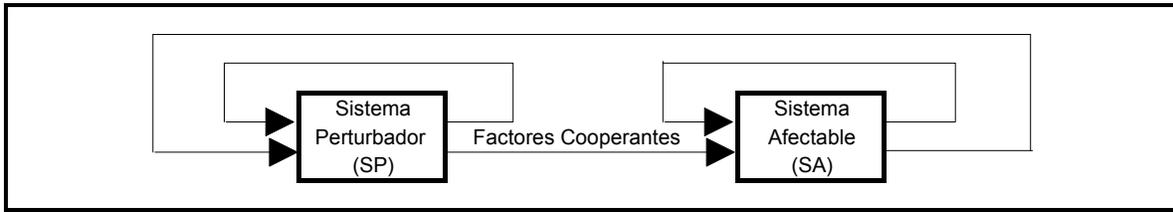
Fuente: Aguerrebere Salido Roberto, Tesis Planeación de la Seguridad Sísmica en los Asentamientos Humanos: el Caso de la Ciudad de México, Facultad de Ingeniería, U.N.A.M., México, 1983, p. 11, con modificaciones propias.

**Figura C.1. Los accidentes como subconjunto del espacio de estados del sistema afectable.**

---

<sup>56</sup> Aguerrebere Salido Roberto, Tesis Planeación de la Seguridad Sísmica en los Asentamientos Humanos: el Caso de la Ciudad de México, Facultad de Ingeniería, U.N.A.M., México, 1983, p. 10, con modificaciones propias.

La Figura C.2. esquematiza el modelo que constituye el fundamento del marco conceptual y que permite distinguir dos objetos de estudio: el sistema perturbador y el sistema afectable.



Fuente: Aguerrebere Salido R., *op. cit.*, p. 11, con modificaciones propias.

### Figura C.2. Modelo de las interrelaciones entre los sistemas perturbador y afectable.

El sistema perturbador es aquel que produce los factores cooperantes, a través de sus mecanismos internos, en un proceso de cinco fases:

- Preparación, que consiste en la organización de las condiciones necesarias para la ocurrencia de los factores cooperantes, esto es, en la formación del mecanismo.
- Iniciación, que consiste en la activación o excitación del mecanismo.
- Desarrollo, comprende la fase de crecimiento e intensificación de los factores cooperantes.
- Traslado, que es la fase del transporte de los elementos impactantes de los factores cooperantes.
- Producción de impactos, esto es, la manifestación de los factores cooperantes.

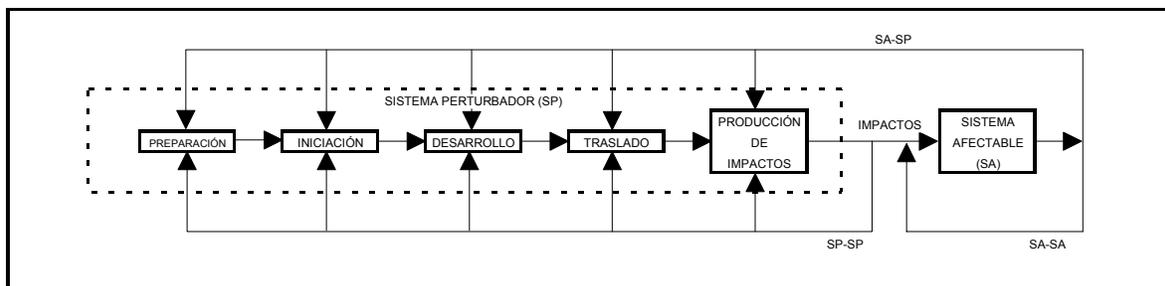
Este proceso puede ser iniciado o alterado en sus diferentes fases por una retroalimentación, es decir, la canalización de una acción de la salida de un sistema a su entrada, o a la de otro que lo antecede (véase Figura C.3.). Existen tres tipos de retroalimentaciones:

- SP-SP, es la que se dirige de la salida del SP a su entrada.
- SA-SP, es la que se dirige de la salida del SA a la entrada del SP.
- SA-SA, es la que se dirige de la salida del SA a su entrada<sup>57</sup>.

<sup>57</sup> Aguerrebere Salido Roberto, *op. cit.*, p. 12, con modificaciones propias.

Esta distinción en el modo de la producción de los factores cooperantes permite clasificarlos por el tipo de su producción en:

- *factores cooperantes directos*, que son resultados exclusivos del mecanismo interno,
- *factores cooperantes encadenados*, que son el resultado de la participación de las retroalimentaciones; se distinguen los encadenamientos cortos (SP-SP), largos (SA-SP) e integrados (SA-SA).



Fuente: Aguerrebere Salido R., *op. cit.*, p. 13, con modificaciones propias.

**Figura C.3. Proceso de producción de los factores cooperantes.**

La interfase entre los factores cooperantes y sus efectos son los impactos. La diferenciación entre impacto y efecto es relativa, ya que un efecto puede actuar como impacto en el siguiente momento. El conocimiento de las retroalimentaciones que pueden iniciar o alterar a los factores cooperantes y a sus efectos es de gran ayuda para lograr su control.

Se distinguen dos grupos de características de los factores cooperantes: de identificación y de evaluación.

Las características de identificación son las que permiten un reconocimiento espacial y temporal de un factor cooperante específico y consisten básicamente de los siguientes datos:

- Nombre del factor cooperante (falla estructural, falla del motor, condiciones meteorológicas adversas, etcétera).
- Fecha de ocurrencia (incluye tiempo de iniciación, duración y terminación).
- Lugar de origen (zona donde se inició el factor cooperante).
- Cobertura del fenómeno (zonas donde se manifestó el factor cooperante a través de sus impactos).
- Trayectoria del fenómeno (espacio recorrido por el factor cooperante).

Las características de evaluación son las que permiten un reconocimiento de las particularidades propias de cada factor cooperante. Se distinguen dos tipos básicos de parámetros en la evaluación de las características de los factores cooperantes:

- Parámetros directos, que son los que miden los factores determinantes de la manifestación del factor cooperante.
- Parámetros indirectos, que son los que estiman las manifestaciones del factor cooperante a través de sus efectos.

Entre los parámetros directos se reconocen:

- Magnitud (potencia del evento).
- Intensidad (nivel de los de diferentes impactos).
- Velocidad de desarrollo (tiempo entre la primera manifestación del evento y la presentación de su máxima intensidad).
- Frecuencia (número de ocurrencias de un evento de cierta magnitud o intensidad en un periodo dado).

#### *Impactos al sistema.*

Un impacto es cualquier incidencia de un agente, elemento o suceso sobre el sistema afectable que produce daños. Se definen dos clases de impactos:

- *Impactos primarios*, son las manifestaciones propias de los factores cooperantes y se presentan como consecuencia directa de éstos. Se distinguen de acuerdo a su forma de realización: mecánicos, térmicos, químicos, eléctricos, radiológicos, bacteriológicos y psicológicos.
- *Impactos agregados*, son los que resultan de una integración y transformación de los efectos de los impactos anteriores y generalmente su incidencia sobre el sistema afectable es más amplia y extensa, ya que provocan a su vez efectos globales. Su identificación y clasificación se realiza a través de dichos efectos, distinguiéndose los siguientes tipos básicos: bioecológicos (como daños al medio), productivos (como la interrupción de servicios básicos), sociales (como la modificación de las relaciones familiares) y políticos (como la afectación del nivel de confianza en la estructura gobernante).

Lo anterior facilita el análisis del desarrollo de los accidentes reales y proporciona pautas para la elaboración de escenarios<sup>58</sup>.

Para la determinación de los impactos primarios de un factor cooperante es importante la descripción de los mecanismos que lo producen. En dicho proceso, sus dos primeras fases están relacionadas con el origen del factor cooperante; las dos siguientes con el ámbito de desarrollo y traslado, y la última constituye la producción de impactos propiamente dicha. Como resultado, se puede obtener una tabla de los probables impactos primarios de los factores cooperantes<sup>59</sup> (véase Tabla C.1.).

En la Tabla C.2. se han identificado los impactos agregados posibles para los factores cooperantes de la Tabla C.1.

**Tabla C.1. Impactos primarios de los factores cooperantes.**

Factores cooperantes	Impactos						
	Mecánicos	Térmicos	Eléctricos	Radiológicos	Químicos	Bacteriológicos	Sicológicos
Actos delictivos (sabotaje y terrorismo)	X						X
Alta humedad relativa	X	X					X
Aves en el trayecto	X						X
Error en el control del tránsito aéreo	X						X
Error del piloto	X	X	X	X	X		X
Falla de instrumentos	X						X
Falla del motor	X	X	X				X
Formación de hielo	X	X					X
Incendio a bordo	X	X	X		X		X
Lluvia	X	X	X				X
Reducción de la visibilidad (por neblina, humo, polvo, ceniza, etcétera).	X						X
Temperaturas extremas	X	X					X
Tormenta de granizo	X	X	X				X
Tormenta eléctrica	X		X				X
Turbulencia	X						X
Vientos intensos	X						X
Vulcanismo	X						X

Fuente: Elaboración propia.

<sup>58</sup> Los escenarios constituyen una visión dinámica del inicio y desarrollo del accidente, que incluye la descripción de los factores cooperantes, sus encadenamientos, impactos primarios y agregados, el sistema afectado, los daños y sus costos.

<sup>59</sup> Aguerrebere Salido Roberto, *op. cit.*, pp. 14 a 20, con modificaciones propias.

En este caso, el sistema afectable corresponde al transporte aéreo, con todos sus componentes, en donde pueden materializarse los accidentes.

Se consideran daños humanos, los que sufren los individuos en su integridad física, como son lesiones o muerte. Daños materiales son los daños físicos que se causan a los bienes materiales, tales como infraestructura, equipos, etcétera. Los daños productivos son los que se ocasionan en la producción de bienes o generación de servicios, por ejemplo, interrupción en la producción por la pérdida de materias primas o interrupción en el servicio de transporte de personas, etcétera. Son daños ecológicos, los causados al equilibrio ecológico, como pueden ser contaminación del aire por el incendio de los motores de las aeronaves, contaminación del agua por derrame de combustible o líquidos tóxicos, después de una colisión de la aeronave, etcétera. Daños sociales son los que se presentan al interrumpirse todas o algunas de las funciones esenciales de la sociedad.

#### *Estados del sistema.*

Dado que los accidentes definen *un estado* del sistema afectable o de alguna de sus partes, debe decirse que el estado de un sistema es una característica global que está determinada por el conjunto de valores en que se encuentran, en un momento dado, los parámetros relevantes para su funcionamiento y que se presentan como un vector en el espacio multidimensional de estados. En este espacio, se distinguen cuatro áreas, correspondientes a estados normales, insuficientes, de accidente y de retorno.

El área de *estados normales* corresponde a todos los estados en que el sistema tiene un funcionamiento normal estable, esto es, cuando el funcionamiento del sistema garantiza el logro de sus finalidades.

El área de *estados insuficientes* engloba a todos aquellos en que el sistema tiene un funcionamiento normal, pero presenta una alteración no significativa, esto puede ser producido por agentes internos (fatiga, sueño, falta de mantenimiento de la aeronave, etcétera) o por agentes externos (formación de hielo, lluvia, temperaturas extremas, etcétera).

**Tabla C.2. Impactos agregados de los factores cooperantes.**

Factores cooperantes	Impactos			
	Bioecológicos	Productivos	Sociales	Políticos
Actos delictivos (sabotaje y terrorismo)	X	X	X	X
Alta humedad relativa			X	X
Aves en el trayecto	X		X	X
Error del control de tránsito aéreo			X	X
Error del piloto			X	X
Falla de instrumentos			X	X
Falla del motor			X	X
Formación de hielo			X	X
Incendio a bordo	X		X	X
Lluvia			X	X
Reducción de la visibilidad			X	X
Temperaturas extremas	X		X	X
Tormenta de granizo	X		X	X
Tormenta eléctrica	X		X	X
Turbulencia			X	X
Vientos intensos	X		X	X
Vulcanismo	X		X	X

Fuente: Elaboración propia.

El área de *estados de accidente* reúne a los estados en que el funcionamiento del sistema falla, esto es, cuando se presenta una alteración significativa y con tendencia a crecer.

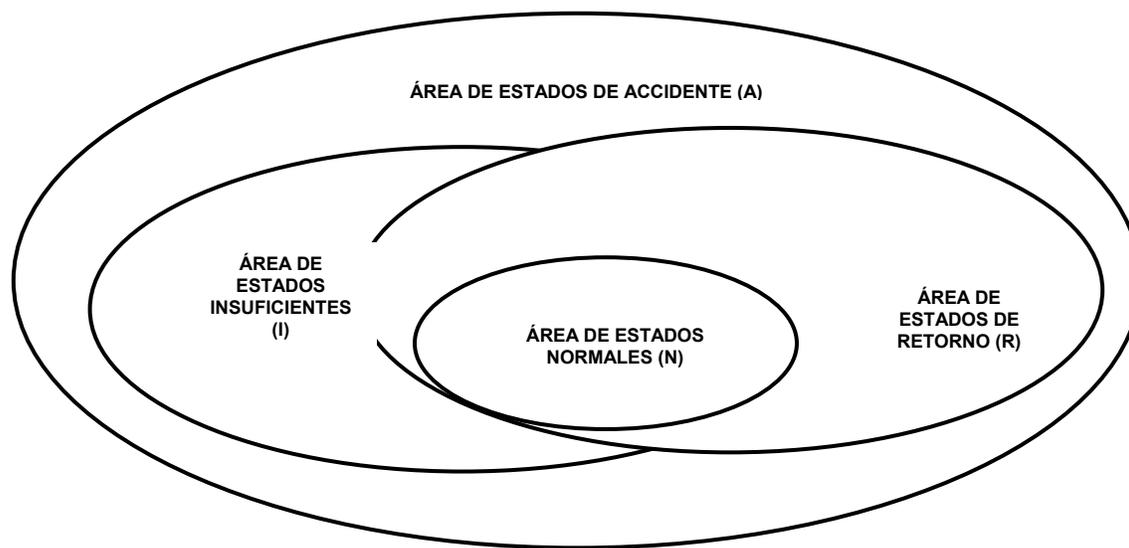
Finalmente, el área de *estados de retorno* incluye todos los estados del sistema intermedios entre el área de estados de accidente y el área de estados normales. Se caracteriza por la disminución de la alteración y la recuperación progresiva de su funcionamiento normal.

Para determinar en que área se encuentra un sistema, es necesario el conocimiento de los rangos permisibles para cada uno de los parámetros relevantes del mismo, así como el monitoreo de cada uno de éstos.

Los sistemas pueden seguir distintos ciclos en sus transiciones (véase Figura C.4.) de un área de estados a otra. Entendiendo como ciclo la sucesión completa de transiciones de estado desde que el sistema abandona el área de estados normales, hasta que regresa a ella. Los ciclos pueden ser afectados por las acciones tomadas sobre ellos, por ejemplo, el monitoreo ayuda a detectar una falla antes de que ésta se convierta en accidente, permitiendo tomar las medidas convenientes para que el sistema regrese al área de estados normales. Dependiendo de si pueden o no tomarse medidas correctivas, se distinguen dos tipos de transiciones: imprevistas y controladas (véase Tabla C.3.). Las primeras ocurren por el propio desarrollo del sistema o como resultado del impacto de los factores cooperantes, esto es, por causas internas o por la intervención del sistema perturbador, las segundas se refieren a aquéllas que se realizan a través de ciertas actividades específicas de control<sup>60</sup>.

---

<sup>60</sup> Aguerrebere Salido Roberto, *op. cit.*, pp. 20 a 27, con modificaciones propias.



Fuente: Aguerrebere Salido R., *op. cit.*, p. 27, con modificaciones propias.

**Figura C.4. Áreas de estados de un sistema.**

**Tabla C.3. Clasificación de las transiciones.**

Tipo de transición	Del área de estados	Al área de estados	Clasificación
$N \Rightarrow I$	Normales	Insuficientes	Imprevista
$N \Rightarrow A$	Normales	De accidente	Imprevista
$I \Rightarrow N$	Insuficientes	Normales	Controlada
$I \Rightarrow A$	Insuficientes	De accidente	Imprevista
$A \Rightarrow N$	De accidente	Normales	Controlada
$A \Rightarrow R$	De accidente	De retorno	Controlada
$R \Rightarrow N$	De retorno	Normales	Controlada
$R \Rightarrow I$	De retorno	Insuficientes	Controlada
$R \Rightarrow A$	De retorno	De accidente	Imprevista

Fuente: Aguerrebere Salido R., *op. cit.*, p. 27, con modificaciones propias.

### *Protección y restablecimiento.*

El análisis de las interrelaciones entre los elementos del SP (factores cooperantes), y los del SA, muestra la posibilidad de reducir la frecuencia de ocurrencias y magnitud de los accidentes, mediante dos tipos de actividades básicas:

- Aquellas que se oponen a la producción de los factores cooperantes por parte del SP, a través del control de sus mecanismos, y que se agrupan en el objetivo de *prevención*;

- Las que se oponen a que el sistema afectable alcance un estado de accidente, aminorando la intensidad de los daños en el SA, y que forman el objetivo de *mitigación*.

Los objetivos de prevención y mitigación se engloban en forma natural en un objetivo más general llamado *protección*. Sin embargo, la protección no es la única previsión posible ante los accidentes, ya que frecuentemente, por razones de carácter socioeconómico, político o tecnológico, no puede evitarse la ocurrencia de los factores cooperantes, ni lograrse la reducción de los daños.

De esta forma, surge la necesidad de definir dos objetivos más:

- El *rescate*, que busca salvar vidas humanas, y bienes materiales del SA, impedir la extensión del estado de accidente y limitar el grado de daños; y

- La *recuperación*, que pretende la reconstrucción y el mejoramiento del sistema afectable después del accidente.

El rescate y la recuperación conforman el objetivo global de *restablecimiento*.

Para lograr la protección y el restablecimiento a través de la prevención, mitigación, rescate y recuperación, se requieren diferentes conjuntos de actividades a desarrollar en tres etapas básicas (véase Figura C.5.):

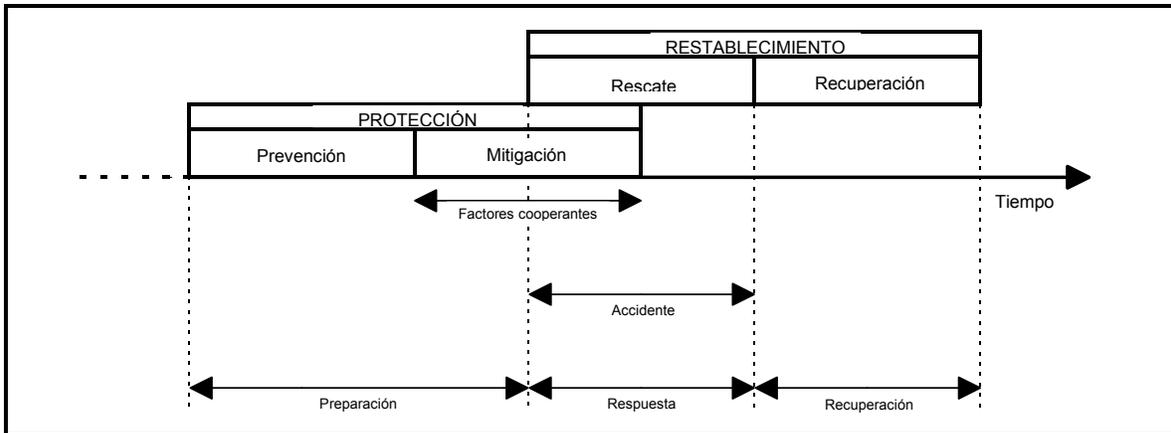
- *Preparación*, que se realiza hasta el inicio del accidente;

- *Respuesta*, que se lleva a cabo durante el accidente;

- *Recuperación*, que se inicia inmediatamente después del accidente<sup>61</sup>.

---

<sup>61</sup> Aguerrebere Salido Roberto, *op. cit.*, pp. 36 a 38, con modificaciones propias.



Fuente: Aguerrebere Salido R., *op. cit.*, p. 39, con modificaciones propias.

### Figura C.5. Etapas del sistema de transporte aéreo ante los factores cooperantes.

Aunque este apartado no presenta en detalle el marco conceptual sistémico de los accidentes aéreos establece, sin embargo, conceptos básicos para su comprensión y presenta elementos de interés que pueden ser desarrollados posteriormente, por ejemplo, el estudio de las relaciones que existen entre los objetivos de protección y restablecimiento del sistema de transporte aéreo, con los Anexos de la Convención de Chicago. Obsérvese como la etapa de protección guarda una relación directa con el Anexo 13 (Investigación de accidentes de aviación) y la etapa de restablecimiento con el Anexo 12 (búsqueda y salvamento) de dicha convención.



## ANEXO D.

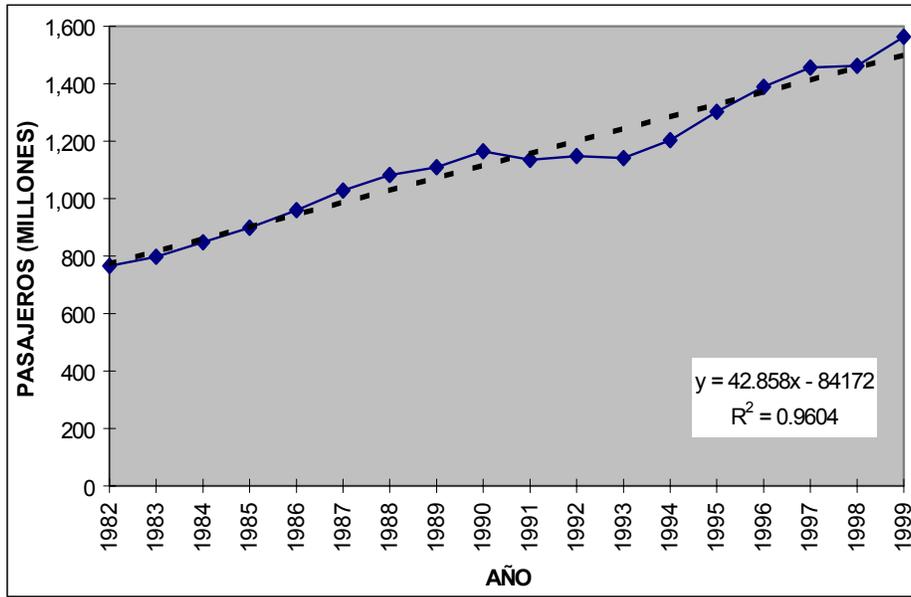
### Tránsito mundial en servicios aéreos.

En la Tabla D.1. se observa el incremento de la actividad de la aviación, reflejada en la evolución que ha tenido el tránsito mundial de los servicios aéreos de itinerario regular. Los valores de la Tabla D.1. han sido graficados en las Figuras D.1. a D.4., como se observa la tendencia general de estos parámetros es aumentar en forma más o menos sostenida en todos los casos mostrados, obsérvese la línea de tendencia dibujada con línea punteada en las figuras y el alto coeficiente de determinación de cada una.

**Tabla D.1. Tránsito mundial total en servicios aéreos de itinerario regular tanto internacionales como domésticos de los países miembros de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).**

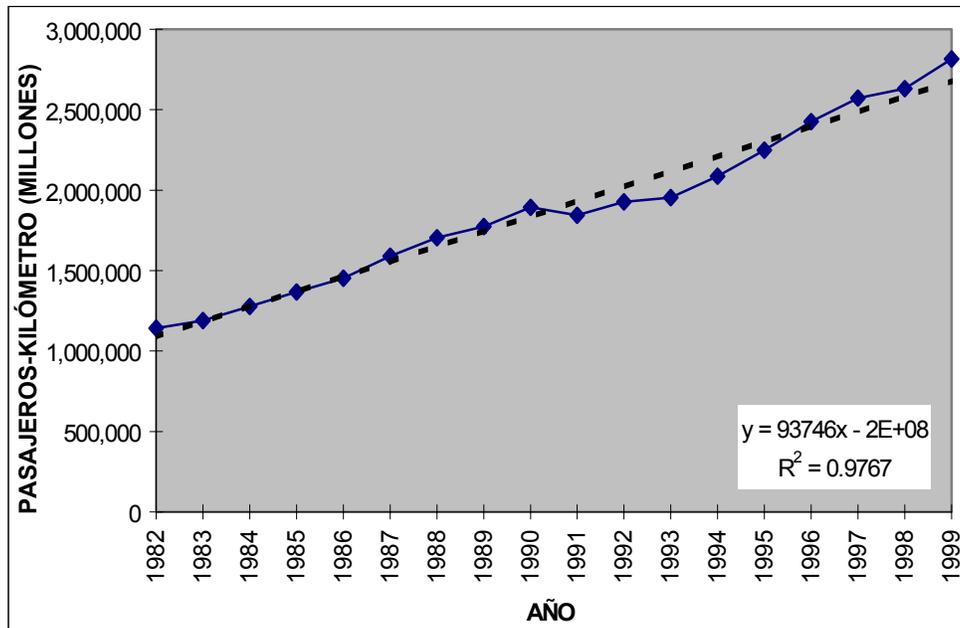
AÑO	PASAJEROS (MILLONES)	PASAJEROS- KILÓMETRO (MILLONES)	TONELADAS DE CARGA (MILLONES)	TONELADAS- KILÓMETRO (MILLONES)
1982	766	1,142,000	11.6	31,540
1983	798	1,190,000	12.3	35,110
1984	848	1,278,000	13.4	39,670
1985	899	1,367,000	13.7	39,840
1986	960	1,452,000	14.7	43,190
1987	1,028	1,589,000	16.1	48,320
1988	1,082	1,705,000	17.2	53,270
1989	1,109	1,774,000	18.1	57,130
1990	1,165	1,894,000	18.3	58,820
1991	1,135	1,844,000	17.4	58,570
1992	1,148	1,927,000	17.3	62,610
1993	1,141	1,954,000	17.5	67,480
1994	1,203	2,086,000	20.0	76,530
1995	1,302	2,250,000	22.0	83,000
1996	1,390	2,426,260	23.0	88,800
1997	1,457	2,573,010	26.4	102,880
1998	1,462	2,630,370	26.2	102,270
1999	1,564	2,814,496	27.7	108,406

Fuente: Elaboración propia con base en *ICAO Journal, July 1992, Montreal, Canada*, pp. 17; *ICAO Journal, July/August 1995, Montreal, Canada*, p. 10; *Revista de la OACI, julio/agosto de 1997, Montreal, Canadá*, pp. 6, 8 y 9; *ICAO Journal, July/August 1998, Montreal, Canada*, pp. 11, 14 y 20; *ICAO Journal, July/August 1999, Montreal, Canada*, pp. 8, 10 y 12, y del *ICAO Update*, [http://www.icao.int/icao/en/jr/5501\\_up.htm](http://www.icao.int/icao/en/jr/5501_up.htm). Las cifras para el año 1999 son preliminares, tomadas de la última referencia.



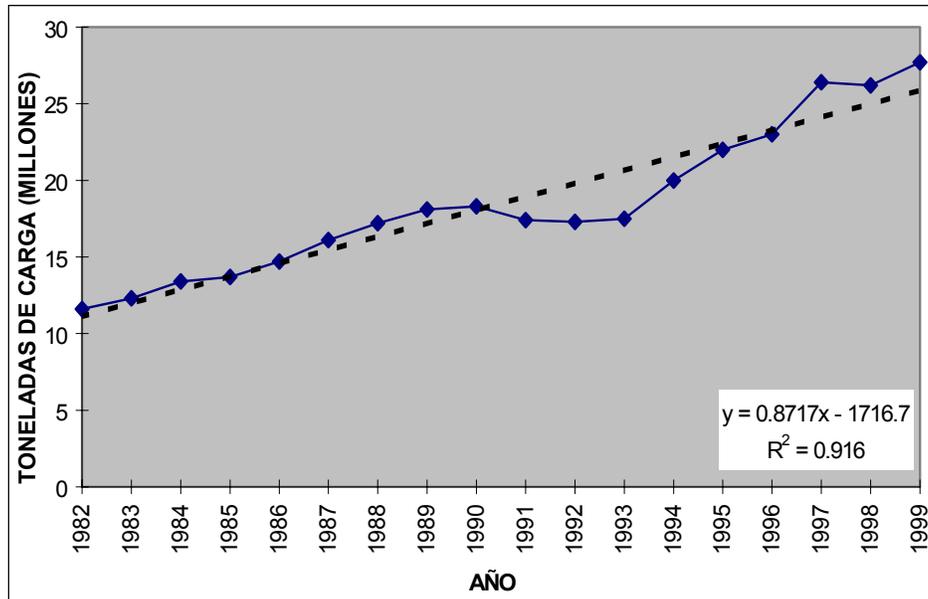
Fuente:Elaboración propia con base en la Tabla D.1.

**Figura D.1. Pasajeros transportados en los servicios aéreos de itinerario regular de los países miembros de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).**



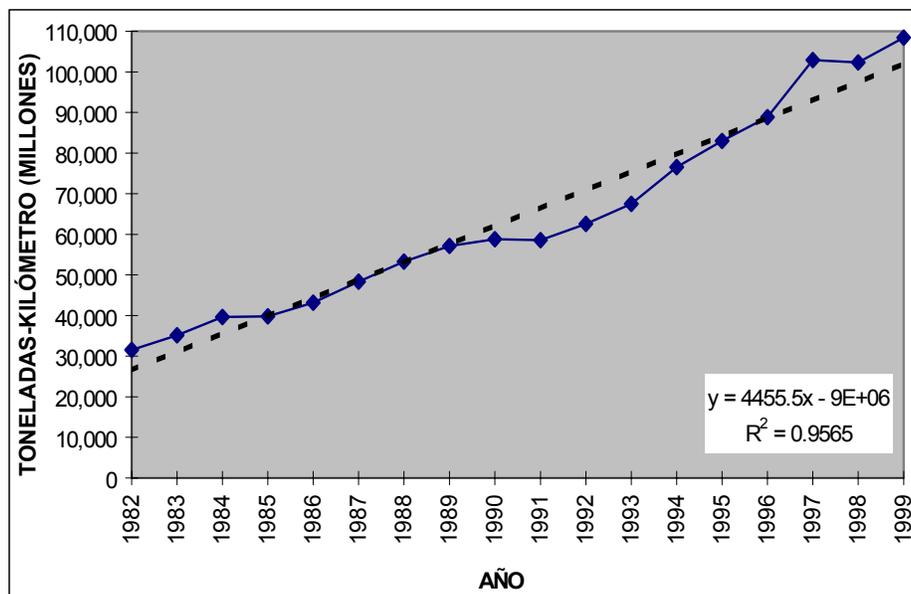
Fuente: Elaboración propia con base en la Tabla D.1.

**Figura D.2. Pasajeros-kilómetro generados por los servicios aéreos de itinerario regular de los países miembros de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).**



Fuente: Elaboración propia con base en la Tabla D.1.

**Figura D.3. Toneladas de carga transportadas por los servicios aéreos de itinerario regular de los países miembros de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).**



Fuente: Elaboración propia con base en la Tabla D.1.

**Figura D.4. Toneladas-kilómetro generadas por los servicios aéreos de itinerario regular de los países miembros de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).**



# ANEXO E.

---

## Principales características de las distintas generaciones de aeronaves.

La *primera generación* de aeronaves de reacción empezó con el *Havilland Comet* (Figura E.1.), a este le siguieron el *Boeing 707* (Figura E.2.), el *Douglas DC-8* (Figura E.3.) y el *Sud Aviation Caravelle* (Figura E.4.), todas estas aeronaves entraron en servicio entre los años 1958 a 1960.



**Figura E.1. De Havilland DH 106 Comet 4.**



**Figura E.2. Boeing 707.**



**Figura E.3. Douglas DC-8.**



**Figura E.4. Sud Aviation Caravelle.**

La *segunda generación* corresponde a las aeronaves *Boeing 727* (Figura E.5.), *British Aerospace Trident*, *VC-10*, *British Aerospace (BAC) 111*, *Douglas DC-9* (Figura E.6.), *Boeing 737-100/-200* y el *Fokker F-28*, esta generación de aeronaves entró en servicio entre los años 1963 y 1968.



**Figura E.5. Boeing 727.**



**Figura E.6. McDonnell Douglas DC-9.**

La *tercera generación* de aeronaves de reacción empezó con las primeras aeronaves de fuselaje ancho, las cuales entraron en servicio entre los años 1970 a 1974, como ejemplos se tiene al *Boeing 747* (Figura E.7.), *Douglas DC-10* (Figura E.8.), *Lockheed TriStar L-1011* (Figura E.9.) y el *Airbus Industrie A300*, también a esta generación pertenecen algunas aeronaves que entraron en servicio en la década de los ochentas, como por ejemplo, el *Douglas MD-80*, los *Boeing 737-300/-400*, *Boeing 757* y *767*, *Airbus Industrie A310* y el *British Aerospace (Bae) 146*.



**Figura E.7. Boeing 747-436.**



**Figura E.8. Douglas DC-10-30F.**



**Figura E.9. Lockheed L-1011-385 TriStar.**

La *cuarta* y más reciente *generación*, corresponde a las aeronaves con controles de vuelo por computadora (*fly-by-wire*), en estas aeronaves las órdenes de mando proceden de una palanca que maneja el piloto y se transmiten, a través de cables eléctricos y computadoras, a los actuadores mecánicos que mueven las superficies de control (timones, alerones, etcétera). Como ejemplos de aeronaves de cuarta generación se tienen al *Airbus Industrie A320* (Figura E.10.) y al *Boeing 777* (Figura E.11.).



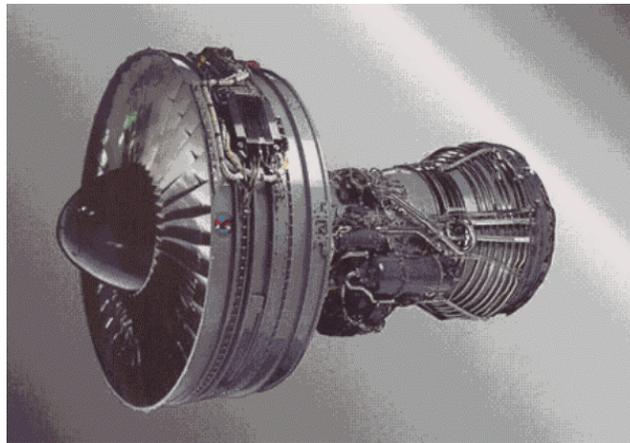
**Figura E.10. Airbus Industrie A320.**



**Figura E.11. Boeing 777-200.**

El *Comet* tomó ventaja de su relativamente pequeña área frontal, dado que sus motores estaban prácticamente ocultos dentro de la estructura de las alas (Figura E.1.), dándole a la aeronave buenas características de maniobrabilidad, sin embargo esto producía problemas de acceso para su mantenimiento e incrementaba el peligro de producir incendio o explosión de los tanques de combustible, situados dentro de las alas, en caso de que el motor se incendiara. Por ello las aeronaves *Boeing 707* y *Douglas DC-8* (Figuras E.2. y E.3.), tenían sus motores situados abajo de las alas, con lo que se tenía mejor acceso para su mantenimiento y una razonable protección en caso de que se presentara fuego en el motor. El *Caravelle* (Figura E.4.), de la primera generación, y muchas de las aeronaves de reacción de la segunda generación (como el *Boeing 727*, BAC 111 y el DC-9) fueron diseñadas con sus motores montados en la parte trasera del fuselaje. Este arreglo tenía la ventaja de dar buena maniobrabilidad a la aeronave y acceso adecuado a los motores para su mantenimiento, y ofrece poco peligro de incendiar los tanques de combustible. Adicionalmente, las alas se dejan “limpias” y sin mayor carga, para realizar su función primaria de proveer el levantamiento de la aeronave. Aparentemente, en aquellos años, cuando entraron en servicio estas aeronaves, esta configuración era la óptima para su uso futuro, sin embargo tal situación no se dio, y casi todos los diseños posteriores regresaron al arreglo en el cual los motores se montaban abajo de las alas. La razón fue que las ventajas operacionales del arreglo de motores en la parte trasera del fuselaje, no contrarrestaban la desventaja económica de una estructura mucho más pesada, en dicha parte del fuselaje, que se requiere para soportar los esfuerzos del peso de los motores y de las fuerzas de tracción que producen durante su operación.

Otra de las diferencias entre las distintas generaciones de aeronaves de reacción, es que las primeras generaciones usaban el motor turboreactor “puro” y las posteriores introdujeron el motor turbo-abanico (*turbo-fan*, Figura E.12.), en el cual parte del flujo de aire (flujo secundario) no entra dentro del proceso termodinámico del motor, sino es usado para dar directamente mayor empuje. La relación entre la masa de aire del flujo secundario y la masa de aire que si pasa por el proceso termodinámico dentro del motor (flujo primario) se conoce como relación de derivación (*bypass ratio*). Los primeros motores turbo-abanico tenían una relación de derivación 1:1, en cambio los motores de las aeronaves de cuarta generación tiene relaciones de 9:1, con lo cual se logra un menor consumo específico de combustible y se reduce el nivel de ruido producido. En contraparte los motores turbo-abanico debido a que tienen una mayor área frontal, presentan una mayor resistencia al avance, lo cual limita sus ventajas en altas velocidades, aunque comparado con el motor turboreactor puro, producen un empuje mayor a más bajas velocidades, lo cual es deseable en los despegues. Por otro lado, la tendencia en el número de motores por aeronave ha sido a disminuir, así las aeronaves de primera generación y algunas de segunda y tercera, tenían cuatro motores, en cambio las aeronaves de cuarta generación regularmente sólo tienen dos motores<sup>62</sup>.



**Figura E.12. Motor turbo-abanico (PWA4000).**

---

<sup>62</sup> Fuentes: Weener Earl F. y Wheeler Peter B., Key Elements of Accident Avoidance, The Logistics and Transportation Review, March, 1992, U.S.A., p. 53 y Mortimer Les, A Half Century of Technological Change and Progress, ICAO Journal, September 1994, Montreal, Canada, pp. 34, 35 y 36, con modificaciones propias.



# ANEXO F.

## Cálculo de los índices de accidentes de las líneas aéreas comerciales nacionales de servicio regular, años 1993-1999.

Tabla F.1.

LÍNEAS AÉREAS COMERCIALES NACIONALES DE SERVICIO REGULAR										
AÑO	NÚMERO DE ACCIDENTES FATALES	NÚMERO DE PASAJEROS MUERTOS	PASAJEROS-KILÓMETRO (MILLONES)	DISTANCIA VOLADA (MILLONES DE KM.)	HORAS VOLADAS (MILES)	NÚMERO DE ATERRIZAJES	ÍNDICES DE ACCIDENTES			
							NÚMERO DE PASAJEROS MUERTOS POR CADA 100 MILLONES DE PASAJEROS-KILÓMETRO	NÚMERO DE ACCIDENTES FATALES POR CADA		
								100 MILLONES DE KILÓMETROS VOLADOS	100,000 HORAS VOLADAS	100,000 ATERRIZAJES
1993	1	0	38,646	741	903.31	482,082	0.00000	0.13500	0.11070	0.20743
1994	1	7	44,186	857	1045.10	564,991	0.01584	0.11669	0.09568	0.17699
1995	0	0	40,529	924	1127.33	574,604	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1996	0	0	43,142	874	1065.40	536,488	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1997	0	0	47,623	944	1151.42	572,893	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1998	1	11	51,569	1,042	1271.01	624,942	0.02133	0.09595	0.07868	0.16001
1999	1	13	55,099	1,062	1295.58	629,608	0.02359	0.09413	0.07719	0.15883

Fuente: Elaboración propia. El número de accidentes fatales se obtuvo de la Tabla 3.7. El número de pasajeros muertos se obtuvo con base en datos del Departamento de Seguridad Aérea de la D.G.A.C., S.C.T., Registros de Accidentes Aéreos de los años 1993 a 1999. El número de pasajeros-kilómetro utilizado para el cálculo de los índices se obtuvo de la siguiente forma; para los años 1993 y 1994 con base en el Anuario Estadístico del Sector Comunicaciones y Transportes 1994, que publica la S.C.T. a través de la Dirección General de Planeación, p. 81.; para los años 1995 a 1999 se obtuvo con base en el número de pasajeros movidos en dichos años y multiplicando dicho número por la distancia promedio volada de acuerdo con las tendencias de los años 1984 a 1994. La distancia total de kilómetros volados por año, se obtuvo al multiplicar la distancia promedio volada por aeronave, por el número de aterrizajes realizados (estas distancias son, para los años 1993 a 1999, las siguientes: 1536.5, 1516.8, 1608.8, 1628.4, 1648.1, 1667.7 y 1687.4 kilómetros respectivamente). Las horas voladas por año se obtuvieron en función de la distancia volada por las aeronaves y considerando una velocidad promedio de 820 km./h., la cual corresponde al promedio de la velocidad de crucero de las aeronaves más utilizadas por la aviación comercial nacional: MD-87 (velocidad 819 km/h), DC9-30 (velocidad 819 km/h), B727-200 (velocidad 850 km/h) y F-100 (velocidad 790 km/h). El número de aterrizajes, para los años 1993 a 1998, se obtuvo de la Subdirección de Sistemas de la D.G.A.C. de la S.C.T., para el año 1999 el número de aterrizajes es un pronóstico de acuerdo con la tendencia de los años anteriores. Los valores de pasajeros transportados por la aviación nacional regular que se utilizaron en los cálculos, para el periodo 1993-1998, fueron obtenidos del Anuario Estadístico 1998, SCT, p. 76; la información para el año 1999 fue obtenida de las bases de datos de la D.G.A.C. de la S.C.T.