

**UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA**

**DEPARTAMENTO DE ANÁLISIS ECONÓMICO APLICADO**



**TESIS DOCTORAL**

**UN ANÁLISIS MICROECONÓMICO DE LA SEGURIDAD  
EN EL TRANSPORTE AÉREO**

**OFELIA BETANCOR CRUZ**

Las Palmas de Gran Canaria, Abril de 1998

55/1997-98

**UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA  
UNIDAD DE TERCER CICLO Y POSTGRADO**

Reunido el día de la fecha, el Tribunal nombrado por el Excmo. Sr. Rector Magfco. de esta Universidad, el/a aspirante expuso esta **TESIS DOCTORAL**.

Terminada la lectura y contestadas por el/a Doctorando/a las objeciones formuladas por los señores miembros del Tribunal, éste calificó dicho trabajo con la nota de **SOBRESALIENTE COM LAUDE**.  
Las Palmas de Gran Canaria, a 8 de junio de 1998.

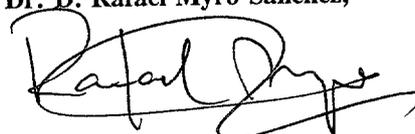
El/a Presidente/a: Dr. D. Julio Segura Sánchez,



El/a Secretario/a: Dr. D. Javier Campos Méndez,



El/a Vocal: Dr. D. Rafael Myro Sánchez,



El/a Vocal: Dr. D. Emilio Huerta Arrivas,



El/a Vocal: Dr. D. Alberto Lafuente Félez,



El/a Doctorando/a: D<sup>a</sup> Ofelia M<sup>a</sup> Betancor Cruz,



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

**DOCTORADO EN ECONOMÍA**

Departamento de Análisis Económico Aplicado  
Programa de Doctorado en Economía Aplicada

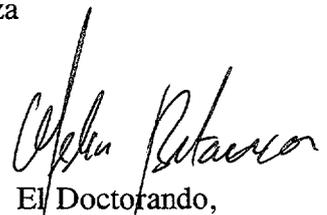
*Un análisis microeconómico de la seguridad en el transporte aéreo*

Tesis doctoral presentada por Dña. Ofelia Betancor Cruz

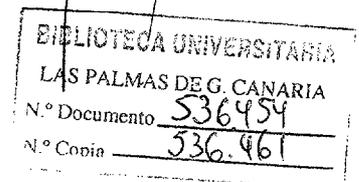
Dirigida por el Dr. D. Ginés de Rus Mendoza



El Director,



El Doctorando,



Las Palmas de Gran Canaria, a 21 de abril de 1998



*A Carlos y Antonio*

## Agradecimientos

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento al profesor Ginés de Rus, que desde un primer momento avaló y supervisó este trabajo. Con su apoyo, comentarios y críticas proporcionó el ambiente de trabajo necesario y contribuyó sustancialmente a mi formación investigadora.

Merecen una especial referencia mis compañeros del Departamento de Análisis Económico Aplicado, que siempre han realizado numerosos comentarios en los seminarios. Mantengo una deuda particular con Javier Campos y Gustavo Nombela que contribuyeron de manera fundamental a la realización de este trabajo. Para ellos mi profundo agradecimiento.

Asimismo, deseo agradecerle al profesor Hugh Gravelle su valiosa participación en la concepción original del modelo teórico. También el profesor Jonathan Haskel realizó comentarios de inestimable valor.

Este trabajo se benefició igualmente de aportaciones realizadas por distintos participantes anónimos en los siguientes congresos: *V Congreso Nacional de Economía* (Las Palmas, 1995), *NECTAR Euroconference* (Mons, 1996), *First Air Transport Research Group Conference* (Vancouver, 1997) y *Second World Congress: Safety of Transportation* (Delf, 1998).

Se agradecen los recursos materiales y financieros aportados por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria y la Fundación Universitaria de esta misma universidad.

Finalmente, mi más sincero reconocimiento para los miembros de mi familia que proporcionaron el apoyo y animo que necesité, y en especial para Antonio y Carlos.

## Índice general

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. LA ORGANIZACIÓN DE LA AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL Y LA NATURALEZA DE LA SEGURIDAD EN TRANSPORTE AÉREO.....	12
2.1. La organización de la aviación civil internacional.....	12
2.1.1. Navegación aérea.....	13
2.1.2. La OACI.....	16
2.1.3. Transporte aéreo internacional.....	18
2.1.4. Disposiciones finales.....	20
2.1.5. Los anexos del Convenio.....	20
2.1.6. El caso de la CAA.....	23
2.2. La naturaleza de la seguridad en transporte aéreo.....	27
2.2.1. La medición de la seguridad.....	27
2.2.2. La causa de los accidentes.....	36
3. EL TRATAMIENTO DE LA SEGURIDAD EN TRANSPORTE AÉREO.....	40
3.1. Introducción.....	40
3.2. El efecto de los beneficios sobre la seguridad.....	41
3.3. Seguridad actual y beneficios futuros.....	50

3.4. Desregulación y cambios en la seguridad.....	59
3.5. Seguridad aérea e información asimétrica.....	74
4. UN MODELO DE SEGURIDAD EN TRANSPORTE AÉREO.....	79
4.1. Introducción.....	79
4.1.1. Elementos.....	79
4.1.2. Estructura.....	81
4.1.3. Supuestos.....	82
4.2. El modelo básico.....	84
4.2.1. Ausencia de responsabilidad.....	84
4.2.2. Negligencia con pagos limitados.....	88
4.2.3. Negligencia con pagos ilimitados.....	92
4.3. Desarrollos del modelo básico.....	93
4.3.1. Maximización del bienestar.....	94
4.3.2. Ausencia de responsabilidad.....	96
4.3.3. Negligencia con pagos ilimitados.....	98
4.3.4. Negligencia con pagos limitados.....	101
4.3.5. Responsabilidad estricta.....	102
4.4. Conclusiones.....	103
Anexo 4.1. Información asimétrica.....	105

Anexo 4.2. La función de utilidad esperada.....	113
Anexo 4.3. El régimen de responsabilidad de las líneas aéreas.....	116
Anexo 4.4. Análisis de las derivadas.....	118
1. Modelo básico. Ausencia de responsabilidad.....	118
2. Modelo básico. Régimen de negligencia con pagos limitados.....	119
3. Modelo básico. Régimen de negligencia con pagos ilimitados.....	120
4. Desarrollos del modelo. Maximización del bienestar y ausencia de responsabilidad.....	121
5. Desarrollos del modelo. Negligencia con pagos ilimitados.....	121
6. Desarrollos del modelo. Negligencia con pagos limitados.....	122
 5. SEGURIDAD, TARIFAS AÉREAS Y BENEFICIOS EMPRESARIALES: UNA APLICACIÓN EMPÍRICA.....	 123
5.1. Introducción.....	123
5.2. Fuentes y tratamiento de los datos.....	124
5.3. Análisis descriptivo de los datos sobre accidentes.....	125
5.4. Análisis econométrico.....	132
5.4.1. Metodología.....	132
5.4.2. Modelización.....	134
5.4.3. Resultados.....	138
5.5. Conclusiones.....	143

Anexo 5.1. Datos de actividad, ingresos y costes de las compañías europeas.....	150
Anexo 5.2. Datos de actividad, ingresos y costes de las compañías no europeas.....	156
6. RESUMEN Y CONCLUSIONES.....	162
7. REFERENCIAS.....	167

## Índice de cuadros

Cuadro 2.1. Las libertades del aire.....	14
Cuadro 2.2. Tasa de accidentes por cada 100 mil horas voladas. Transportistas estadounidenses.....	29
Cuadro 2.3. Tasa de mortalidad por modos de transporte. Gran Bretaña 1992.....	30
Cuadro 2.4. Accidentes en los servicios aéreos regulares con víctimas mortales.....	31
Cuadro 2.5. Factores causales primarios de los accidentes. Aviación civil mundial.....	39
Cuadro 2.6. Distribución de los accidentes por fase de vuelo.....	39
Cuadro 3.1. El efecto de los beneficios actuales sobre el número de accidentes futuros.....	49
Cuadro 3.2. La seguridad actual y los beneficios futuros.....	58
Cuadro 3.3. El impacto de la desregulación sobre la seguridad.....	71
Cuadro 3.4. El impacto de la desregulación sobre la seguridad (continuación).....	72
Cuadro 3.5. El impacto de la desregulación sobre la seguridad (continuación).....	73
Cuadro 3.6. Seguridad e información asimétrica.....	78
Cuadro 4.1.1. Secuencia temporal del problema de Riesgo Moral.....	112

Cuadro 4.1.2. Secuencia temporal del problema de Selección Adversa.....	112
Cuadro 5.1 Parámetros estimados para Número de Accidentes por Compañía (NAPC).....	144
Cuadro 5.2. Parámetros estimados para Número de Víctimas por Compañía (NVPC84) condicionado a accidente.....	145
Cuadro 5.3. Parámetros estimados para Número de Víctimas por Compañía (NVPC84) no condicionado.....	146
Cuadro 5.4. Parámetros estimados para Número de Accidentes multiplicado por Número de Víctimas (NANV84).....	147
Cuadro 5.5. Parámetros estimados para la Tasa de Víctimas (NVPC84) por cada mil Pas-Km.....	148
Cuadro 5.6. Parámetros estimados para la Tasa de Víctimas (NVPC84) por cada mil aterrizajes.....	149
Cuadro 5.1.1. Pasajeros-Km (millones). Compañías europeas.....	150
Cuadro 5.1.2. Ingresos de tráfico por pasajero-Km (centavos de dólar en términos corrientes). Compañías europeas.....	151
Cuadro 5.1.3. Kilómetros volados (millones). Compañías europeas.....	152
Cuadro 5.1.4. Horas bloque voladas (miles). Compañías europeas.....	153
Cuadro 5.1.5. Número de aterrizajes (miles). Compañías europeas.....	154

Cuadro 5.1.6. Costes operativos totales (millones de dólares en términos corrientes). Compañías europeas.....	155
Cuadro 5.2.1. Pasajeros-Km (millones). Compañías no europeas.....	156
Cuadro 5.2.2. Ingresos de tráfico por pasajero-Km (centavos de dólar en términos corrientes). Compañías no europeas.....	157
Cuadro 5.2.3. Kilómetros volados (millones). Compañías no europeas.....	158
Cuadro 5.2.4. Horas bloque voladas (miles). Compañías no europeas.....	159
Cuadro 5.2.5. Número de aterrizajes (miles). Compañías no europeas.....	160
Cuadro 5.2.6. Costes operativos totales (millones de dólares en términos corrientes). Compañías no europeas.....	161

## Índice de gráficos

Gráfico 2.1. Evolución del ratio nº de víctimas mortales por cada 100 millones de pasajeros-Km.....	33
Gráfico 2.2. Evolución del ratio nº de accidentes mortales por cada 100 millones de kilómetros volados.....	34
Gráfico 2.3. Evolución del ratio nº de accidentes mortales por cada 100 mil aterrizajes.....	35
Gráfico 4.1. Estructura del problema.....	82
Gráfico 4.2. Equilibrios en el espacio (p,S) en ausencia de responsabilidad. Curva de contratos.....	87
Gráfico 4.3. Equilibrios bajo un régimen de negligencia con responsabilidad limitada...	91
Gráfico 4.1.1. Distribución uniforme de la calidad.....	110
Gráfico 5.1. Número de accidentes para las compañías europeas. 1970-1995.....	127
Gráfico 5.2. Número de accidentes para las compañías no europeas. 1970-1995.....	127
Gráfico 5.3. Número de víctimas mortales en accidentes para las compañías europeas. 1970-1995.....	128
Gráfico 5.4. Número de víctimas mortales en accidentes para las compañías no europeas. 1970-1995.....	128

Gráfico 5.5. Evolución del número de accidentes para las compañías europeas.....	129
Gráfico 5.6. Evolución del número de accidentes para las compañías no europeas.....	129
Gráfico 5.7. Evolución de la tasa de accidentes por cada 100 millones de Pas-Km. Compañías europeas.....	130
Gráfico 5.8. Evolución de la tasa de accidentes por cada 100 millones de Pas-Km. Compañías no europeas.....	130
Gráfico 5.9. Comparación de la tasa de accidentes por cada 100 millones de Pas-Km...	131
Gráfico 5.10. Comparación de la tasa de accidentes por cada 100 mil aterrizajes.....	131
Gráfico 5.11. Media anual del número de pasajeros-km por compañía (miles). 1984-1995 compañías europeas. 1985-1995 compañías no europeas.....	141
Gráfico 5.12. Media anual del número de aterrizajes por compañía (miles). 1984-1995 compañías europeas. 1985-1995 compañías no europeas.....	142

## 1. INTRODUCCIÓN

La seguridad del transporte aéreo es un *atributo económico* del servicio, al igual que lo son otros aspectos de la calidad que incorpora, o su precio. Es por tanto una característica del mismo, deseada por los consumidores, pero costosa de producir. En consecuencia, la determinación del nivel de seguridad desde el punto de vista económico no debe ser sustancialmente distinta de la relativa a otros aspectos que caracterizan el servicio de transporte aéreo.

El grado de seguridad alcanzado por una compañía de transporte aéreo es función de dos grupos de factores: un primer grupo, que podemos considerar como *endógeno*, se encuentra determinado directamente por las acciones que adopta el transportista; el segundo, o grupo de factores *exógenos*, lo conforma el conjunto de variables que describen el entorno operativo de las compañías. De este modo, las empresas de transporte aéreo pueden reducir el riesgo de que sus aviones sufran un accidente sometiéndolos a revisiones frecuentes, disponiendo de personal con un mayor grado de entrenamiento y experiencia o comprando aeronaves que incorporen nuevas y mejores tecnologías en materia de seguridad. No obstante, en la explicación del nivel de riesgo también confluyen las condiciones climatológicas en que se opera, la longitud de la ruta, el nivel de congestión del espacio aéreo que se utiliza o la calidad de los aeropuertos con los que se trabaja.

Por ello podemos considerar que la incertidumbre a la que se encuentran sometidos los consumidores de servicios de transporte aéreo es de dos clases. La primera surge debido a la imposibilidad de controlar los factores exógenos, y podríamos denominarla *incertidumbre pura* ya que resulta incontrolable para todos los agentes económicos que actúan en la relación.<sup>1</sup> La segunda, en la que centraremos nuestro análisis, nace del desconocimiento de la decisión en materia de seguridad adoptada por el productor del

---

<sup>1</sup> Nos referimos a las líneas aéreas y a los pasajeros. Si en la relación interviene el Estado como tercer agente puede ejercer cierto grado de control sobre factores como la congestión.

servicio aéreo. Si éste se comporta como un maximizador de beneficios, sopesará el coste de sus inversiones en seguridad frente al beneficio por la reducción del riesgo,<sup>2</sup> en otras palabras, invertirá en seguridad hasta el punto en que el ingreso marginal que genera por ser una línea aérea más segura, sea igual al coste marginal de dicha inversión.

Se plantea así una relación entre empresas de transporte aéreo y pasajeros caracterizada por la presencia de información asimétrica, ya que las compañías cuentan con mayores conocimientos en materia de seguridad que los demandantes de sus servicios.

De acuerdo con Chalk (1983) existirían dos visiones opuestas de esta relación. La primera, que el autor denomina *visión del fallo de mercado* afirma que el pasajero es un ser ignorante con respecto al nivel de seguridad del servicio aéreo que recibe, y al que consecuentemente, la autoridad administrativa debe proteger. El supuesto que subyace a esta visión es que debido a la complejidad de la tecnología aeronáutica los consumidores son incapaces de medir cuál es el grado de seguridad que se les ofrece. Además, si las empresas basan sus decisiones en análisis coste-beneficio, se enfrentan a incentivos financieros y de seguridad opuestos. Reduciendo los gastos en seguridad pueden incrementar los beneficios, por lo que los transportistas acaban tomando menores precauciones o invirtiendo en seguridad sólo si disponen de suficientes incentivos para ello.

La segunda interpretación, o *visión de la respuesta del mercado* defiende un argumento completamente opuesto al anterior, ya que si bien la seguridad es difícil de medir por no ser observable de forma directa, las consecuencias de la misma, es decir, los accidentes

---

<sup>2</sup> Este beneficio incluye por ejemplo, el pago de menores primas de seguros o el cobro de mayores precios. Sin embargo, el mayor beneficio se mide en términos del mantenimiento o mejora de la reputación de la línea aérea, que podría ver comprometida su supervivencia si se produjese un accidente por causas bajo su control. En este sentido se afirma que las líneas aéreas están preparadas para afrontar los costes directos de un accidente si contratan los seguros respectivos, sin embargo nadie puede asegurarles la cobertura de las pérdidas consecuentes de demanda.

e incidentes sí que lo son,<sup>3</sup> y dado que están correlacionados positivamente con la seguridad, los consumidores los utilizarán como indicadores fiables del grado de seguridad alcanzado por los transportistas en sus operaciones. En otras palabras, la amenaza de ser considerado responsable, y por tanto, poder estar obligado a abandonar el mercado actúa como poderoso incentivo ex-ante para los operadores de servicios de transporte aéreo. Bajo esta óptica la regulación sería innecesaria.

Además del problema de información asimétrica, el mercado presenta otro tipo de fallos que han justificado la regulación sobre seguridad a la que tradicionalmente se ha visto sometido el sector de transporte aéreo. Con el fin de identificarlos, y siguiendo la exposición realizada por Panzar y Savage (1989), analizamos seguidamente el caso de un mercado competitivo donde todos los agentes económicos poseen la misma información.

Consideremos un mercado ideal con información simétrica,<sup>4</sup> al que concurren un gran número de compradores y vendedores para intercambiar servicios de transporte aéreo *muy seguros*, de modo que la probabilidad de accidente queda reducida al nivel más bajo posible, con lo que el riesgo procede únicamente de los factores exógenos. La curva de demanda en este mercado representa la relación inversa clásica entre el precio del servicio y la cantidad de los mismos, de tal manera que los consumidores demandan un mayor número de viajes cuanto menor es el precio, y a la inversa, si el resto de los factores de los cuales depende la cantidad demandada permanecen constantes,<sup>5</sup> incluido el nivel de seguridad. Si dicho nivel se ve reducido porque la línea aérea disminuye su

---

<sup>3</sup> Accidentes son aquellos sucesos con resultado de muerte, heridos graves o daño sustancial del avión. Incidentes son sucesos peligrosos que sin embargo no implican los resultados anteriores.

<sup>4</sup> El supuesto que hacen los autores y que es clásico dentro de los mercados perfectamente competitivos es el de información perfecta, que equivale al de información simétrica en la Teoría de Juegos. Sin embargo la información es incompleta ya que debe existir alguna incertidumbre para que haya riesgo de accidente. En el anexo 4.1. se presentan los distintos conceptos de información.

<sup>5</sup> Estos incluyen el nivel de renta del sujeto, sus preferencias, el precio de otros servicios de transporte, la probabilidad de accidente etc.

inversión en seguridad, la curva de demanda se desplaza hacia la izquierda en el plano cartesiano, demandándose ahora menor cantidad a cada precio.

La curva de oferta de servicios de transporte aéreo *muy seguros* puede definirse como aquella curva que recoge la relación positiva existente entre precio y número de viajes, por lo que a mayores precios, *ceteris paribus*,<sup>6</sup> mayor será la disposición de los productores a incrementar la cantidad ofertada. Si el coste de provisión del servicio de transporte se incrementa, por ejemplo se encarece la adopción de precauciones de seguridad, la curva de oferta se desplazará a la izquierda.

En estas condiciones el mercado alcanza un equilibrio único en el que los deseos de consumidores y productores de servicios *muy seguros* de transporte aéreo coinciden. Tal equilibrio competitivo permite una asignación eficiente de recursos a pesar de la presencia de *incertidumbre pura* en la prestación del servicio de transporte. Cualquier mecanismo regulador conduciría a un equilibrio subóptimo.

En este mercado ideal el equilibrio se altera si en lugar de considerar el intercambio de servicios de transporte aéreo *muy seguros*, se consideran servicios *no tan seguros* que resultan obviamente menos costosos para las compañías que los anteriores. Ahora la nueva curva de oferta se sitúa a la derecha de la inicial, mientras que la nueva curva de demanda se encuentra a la izquierda de la de demanda inicial, alcanzándose otro equilibrio a un precio inferior. Si ambos tipos de servicios se ofrecen simultáneamente encontraremos consumidores para sustentar ambos mercados, y aunque pueda resultar inconcebible, habrá consumidores dispuestos a aceptar el riesgo de volar con una línea aérea menos segura si se les compensa en términos de menor tarifa pagada. Este intercambio es algo frecuente en nuestra vida diaria. Por ejemplo, si viajamos por carretera aunque exista la posibilidad de utilizar otros modos de transporte más seguros, lo hacemos básicamente porque resulta más barato. En general si estamos dispuestos a

---

<sup>6</sup> Otras variables de las que depende la cantidad ofertada son: el estado de la tecnología, el precio de los factores productivos, las preferencias de las compañías de transporte aéreo etc.

asumir cierto riesgo conocido es porque esperamos una contraprestación.<sup>7</sup> Nuevamente, la intervención por parte de algún organismo regulador en este mercado competitivo ideal donde se intercambian servicios de transporte aéreo con un nivel de seguridad inferior al máximo posible alcanzable con la tecnología y el esfuerzo humano disponibles, produciría una asignación de recursos ineficiente.<sup>8</sup>

De este modelo simple se desprende que en condiciones ideales las empresas competirían ofertando distintos niveles de seguridad a distintos precios, mientras que los consumidores adquirirían aquel servicio de transporte más o menos seguro que resultara óptimo para ellos.<sup>9</sup> El mercado permitiría alcanzar el nivel de seguridad deseado por los demandantes de este tipo de servicios, que optarían libremente por un nivel de riesgo.

En la realidad los mercados de servicios de transporte aéreo se alejan sustancialmente de este mercado ideal, y quedan caracterizados por los siguientes fallos:

- Competencia imperfecta.
- Externalidades.
- Mercados incompletos.
- Información asimétrica.

### *Competencia imperfecta*

El requerimiento de que el mercado se encuentre servido por gran número de empresas que actúan como precio-aceptantes no se verifica. En transporte aéreo el lado de la oferta

---

<sup>7</sup> Esta es la base de la Teoría del Diferencial Compensatorio para Riesgos, aplicada fundamentalmente en el mercado de trabajo, cuando el ejercicio de la actividad productiva comporta un determinado nivel de riesgo para el trabajador. Una buena exposición de la misma es la que realiza Viscusi (1983).

<sup>8</sup> Una discusión detallada sobre la relación entre competencia perfecta y eficiencia puede encontrarse en Segura (1993).

<sup>9</sup> El nivel de seguridad óptimo para los consumidores puede que no incorpore todos los costes sociales, ya que un avión en caso de accidente puede caer sobre áreas pobladas o colisionar con otra aeronave. No obstante, estos costes pueden ser internalizados por las empresas a través de un sistema de seguros y responsabilidad frente a terceros.

ha estado representado durante el pasado reciente por un conjunto de empresas de naturaleza estatal que operaban en régimen de monopolio en el mercado nacional y de duopolio en los internacionales, en condiciones estrictas de regulación que afectaba a todos los ámbitos de su actividad: precios, capacidad, entrada y salida en rutas e industria y seguridad. La rigurosidad de la intervención desde un punto de vista económico queda en tela de juicio tras la liberalización del mercado estadounidense en 1978 y del europeo recientemente completada (abril de 1997).

No obstante, la evidencia que se desprende de la experiencia americana parece contradecir la creencia inicial de que la aviación civil pudiese ser considerada como un ejemplo ideal de mercado atacable.<sup>10</sup> Al contrario, persiste la posibilidad de que las empresas alcancen cierto poder de mercado y que el resultado competitivo considerado quede distorsionado. Siguiendo a Prike (1991), la desaparición entre 1986 y 1988 de muchas de las nuevas compañías es la evidencia más clara al respecto. Si en 1985 las principales aerolíneas de reciente creación contaban con una participación en el mercado del 12.5%, tres años más tarde ésta se había reducido hasta un 7%. Muchos de los nuevos entrantes en el mercado estadounidense se encontraron perdiendo dinero, y finalmente fueron absorbidos por las empresas establecidas. Morrison (1996) refiere más de 40 procesos de fusión entre líneas aéreas con posterioridad a 1978.

La baja rentabilidad parece ser una norma en la industria, por lo que para un recién llegado lograr el equilibrio adecuado entre tarifas bajas y beneficios normales es todavía más difícil. Esto nos lleva a su vez a la consideración del sostenimiento del equilibrio en este tipo de mercado. En Button (1996) este problema se contempla desde la perspectiva de la Teoría del Núcleo planteándose la posibilidad de la inexistencia de un equilibrio competitivo, aunque con resultados no concluyentes al respecto.

---

<sup>10</sup> En un mercado atacable o pugnable (*contestable market*), la amenaza de entrada obligaría a las líneas aéreas a satisfacer los deseos de los consumidores con la máxima eficacia si quieren evitar que los nuevos entrantes los expulsen del mercado. La competencia tendría lugar sin necesidad de requerir gran número de empresas. Consúltese Bailey y Panzar (1981) para una aplicación al caso de los mercados de transporte aéreo.

En Europa se han producido nuevas entradas en el mercado desde el comienzo de la liberalización, principalmente en el sector regional aunque algunas otras han sido el resultado de la iniciación de rutas regulares por parte de empresas del sector chárter. No obstante el impacto de este desarrollo parece haber sido mínimo. La Autoridad de Aviación Civil británica (CAA, 1995) indica que tan sólo un 7% de las rutas intraeuropeas son operadas por más de dos operadores, seguido por un 33% que son explotadas en régimen de duopolio. La explicación de tal fenómeno debe encontrarse en la naturaleza de los sistemas centro radiales junto a la posición dominante que ejercen determinados transportistas en los aeropuertos y la baja densidad de ciertas rutas.<sup>11</sup>

### *Externalidades*

En transporte aéreo las externalidades negativas que afectan a la seguridad en la prestación del servicio surgen debido a problemas de congestión del espacio aéreo y de los aeropuertos.<sup>12</sup> No son más que factores exógenos ajenos al control de las compañías, pero que desempeñan un papel fundamental en la determinación del nivel de seguridad. Dicha importancia, junto a la consideración de monopolio natural que se otorga a estas infraestructuras, han justificado la intervención gubernamental y la naturaleza pública de las mismas. A pesar de ello, la naturaleza pública no garantiza la desaparición de la externalidad, además hay que determinar y asignar la capacidad eficientemente.

También la actividad del transporte aéreo impone otro tipo de costes a la sociedad. Nos referimos a las externalidades por polución, ruidos y, como consecuencia de los accidentes, a los daños a terceros.

---

11

Debe de haber entre 40 y 49 vuelos en una dirección por semana antes de que un segundo operador pueda entrar en la ruta, y entre 75 y 99 vuelos para que pueda operar un tercero (Pryke, 1991).

12

La Comisión Europea ha mostrado su preocupación al respecto, y en la actualidad existe un Libro Blanco sobre gestión del tráfico aéreo (Comisión Europea, 1996) así como un reglamento sobre la asignación de espacios en los aeropuertos (Comisión Europea, 1993).

*Mercados incompletos*

Un mercado se califica de incompleto cuando cierto bien o servicio no se provee a pesar de que el coste de proveerlo sea menor que lo que los individuos están dispuestos a pagar. Este es el caso de los espacios en los aeropuertos. No basta con que una línea de transporte aéreo decida operar en una ruta y esté dispuesta a asumir los costes de la operación; ha de contar con que pueda acceder a los aeropuertos de origen y destino. Si esto no es posible porque todos los *slots* ya se encuentren asignados y no exista mercado en el que se pueda efectuar su intercambio, el poder de los transportistas establecidos se pondrá de manifiesto, imposibilitando la consecución del equilibrio competitivo analizado.

*Información asimétrica*

Tal como se ha indicado es el hecho de que el pasajero sea incapaz de distinguir entre la línea aérea segura y la de riesgo lo que obliga a intervenir y regular la inversión en seguridad por parte de las compañías. El consumidor no posee ningún medio que le permita discernir cuál es la probabilidad de que la línea aérea por la que ha optado sufra un accidente, sólo cuenta con creencias formadas a partir de su experiencia de vuelo y con la información sobre accidentes e incidentes que le llega a través de los medios de comunicación.

De acuerdo con la teoría, los fallos de mercado analizados justificarían la regulación del nivel de seguridad de los transportistas aéreos, estando desaconsejado el funcionamiento del mercado sin intervención. Sin embargo, queda por determinar si el sistema regulador que se aplique permitirá que el equilibrio alcanzado se corresponda o se aproxime en mayor medida al nivel de seguridad deseado socialmente, sin que ello represente una carga excesivamente pesada. Y es que no sólo es el consumidor quien se enfrenta a un problema de información asimétrica, sino que también el propio regulador queda sometido a un tipo de asimetría similar, aunque algo más atenuada por su capacidad de inspección y penalización. Su conocimiento del grado de seguridad con que actúa una determinada compañía aérea está, por tanto, también limitado. De hecho el regulador

puede inspeccionar un avión y determinar que se encuentra en condiciones óptimas, pero nada asegura que la aeronave no sea manipulada con posterioridad a la inspección, y dichas condiciones queden alteradas. En este sentido, la regulación en materia de seguridad podría ser al menos tan ineficiente como el funcionamiento del mercado libre, aunque es cierto que la regulación aseguraría que ciertas precauciones mínimas, como la restricción del número de horas de vuelo para los pilotos, se contemplaran. Sin embargo, este conjunto de precauciones podría ser la norma en un entorno liberalizado.

El propósito de este trabajo es analizar hasta qué punto ambos sistemas, mecanismos de mercado y regulación han contribuido a que se alcancen los niveles de seguridad con que opera actualmente el modo de transporte aéreo. El mercado presenta suficientes fallos como para justificar la necesidad de una estricta regulación en materia de seguridad, sin embargo resulta crucial comprobar si tal regulación es eficiente. Para la consecución de este objetivo el estudio se ha estructurado en seis capítulos, y a lo largo de los mismos se evoluciona desde los aspectos descriptivos de la regulación hasta una serie de modelos teóricos y empíricos que analizan el equilibrio entre los mecanismos de intervención y el funcionamiento del mercado. En el ínterin se ofrece una revisión de las contribuciones más destacadas a la literatura.

La regulación de la seguridad en transporte aéreo es una materia extraordinariamente complicada. El transporte aéreo es en su mayoría de naturaleza internacional, lo que requiere acuerdo por parte de los distintos estados involucrados en las operaciones de vuelo. Si unimos a ello la complejidad de la tecnología aeronáutica, la necesidad de integración entre las distintas fases que componen un servicio de transporte aéreo y de las personas que las llevan a cabo, entenderemos que los niveles de seguridad de que disfrutamos actualmente han sido el resultado, al menos en parte, de un intenso esfuerzo de coordinación por parte de los gobiernos y sus líneas aéreas. El capítulo segundo analiza la organización de la Aviación Civil Internacional concentrándose en el aspecto de seguridad. Este mismo capítulo recoge un análisis de la naturaleza de lo que constituye el centro del estudio, la seguridad en transporte aéreo.

En el capítulo tercero se hace un recorrido por la literatura. En nuestra opinión se pueden distinguir cuatro grandes aproximaciones al problema económico de la seguridad en transporte aéreo. Una primera orientación vincula el estado actual de los beneficios con el riesgo de accidente inherente al transportista. Pero también la relación se revierte, y dicho riesgo o la consecución de un accidente puede tener un efecto determinado sobre el estado futuro de la compañía. Esta constituye la segunda ramificación de la teoría. La tercera enfatiza el efecto de la desregulación sobre el nivel de seguridad de la industria, aunque cuando se considera el concepto de desregulación no se incluye la eliminación de la regulación sobre seguridad. Finalmente, y quizás la rama más innovadora, aplica la teoría de la información asimétrica al caso que nos ocupa. Esta será la vía elegida para desarrollar los modelos del capítulo cuarto.

La modelización teórica, que constituye la contribución original de esta tesis junto al análisis empírico, parte de la existencia de desventajas informacionales para los pasajeros que desean viajar con una línea aérea. Existe, de acuerdo con la Teoría de la Información, una asimetría informacional que le impide al pasajero seleccionar la compañía que más se adecua a sus requerimientos en materia de seguridad. Esto se considera un fallo del mercado, y constituye el núcleo central en el que se basa la intervención. Dicha intervención puede adoptar diversas formas, siendo las más comunes la regulación del nivel de gasto en seguridad y el establecimiento de regímenes de responsabilidad para el transportista. Para analizar la eficiencia de esta forma de intervención, el modelo se concentra sobre ésta última opción de regulación bajo el supuesto de información perfecta. Para ello se procede comparando el nivel de seguridad que un regulador maximizador del bienestar social establecería y aquél que el mercado permite alcanzar cuando la línea aérea se encuentra obligada por distintos regímenes de responsabilidad.

En el capítulo quinto se presentan los resultados del análisis empírico. El objetivo es asimismo analizar la eficiencia de la regulación. En primer lugar se desea comprobar si las líneas aéreas con menores tarifas son las de mayor riesgo. En segundo lugar se

pretende estudiar la naturaleza del vínculo existente entre seguridad y beneficios en la línea de los trabajos presentados en el capítulo tercero, aunque en lugar de datos de compañías estadounidenses se hace uso de estadísticas referidas a transportistas europeos.

Por último, el capítulo sexto recoge las conclusiones relevantes.

## 2 . LA ORGANIZACIÓN DE LA AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL Y LA NATURALEZA DE LA SEGURIDAD EN TRANSPORTE AÉREO

### 2.1. La organización de la aviación civil internacional

A principios de siglo la aviación aparece como un nuevo modo de transporte, e inicialmente no es sometida a ningún tipo de control. No obstante, la Primera Guerra Mundial actúa como potente incentivo para el desarrollo de la industria aeronáutica, y paralelamente, del transporte aéreo civil internacional. El crecimiento de la aviación civil y la complejidad de la tecnología empleada terminaron por poner de manifiesto la necesidad de ordenación de la nueva actividad.

De este modo, en noviembre de 1944 los representantes de 52 países se reúnen en Chicago con el objeto de examinar los problemas de la aviación civil y establecer los controles pertinentes, incluyendo la creación del organismo regulador en materia de seguridad aérea, que sería la futura *Organización de Aviación Civil Internacional* (OACI). El resultado de la reunión fue la firma de un convenio, conocido posteriormente como *Convenio de Chicago*,<sup>13</sup> en el que a lo largo de 96 artículos se contemplan casi todos los aspectos de la aviación civil, fijándose los derechos y obligaciones de los estados contratantes.

Se consideraba que la aviación civil podía contribuir poderosamente al establecimiento de lazos de amistad y al entendimiento entre los pueblos, aunque, al mismo tiempo, se admitía que un uso inadecuado de la misma podía constituir una amenaza para la seguridad general. Los gobiernos que suscribieron el Convenio reconocían la necesidad de regular el transporte aéreo internacional para conseguir un desarrollo seguro del mismo.

---

<sup>13</sup> La denominación real es Convenio sobre Aviación Civil Internacional.

Este convenio se estructura en cuatro partes:

1. Navegación aérea.
2. La organización de aviación civil internacional (OACI).
3. Transporte aéreo internacional.
4. Disposiciones finales.

### 2.1.1. Navegación aérea

En el artículo uno del Convenio se reconoce por vez primera la soberanía plena y exclusiva de todo estado sobre el espacio aéreo situado sobre su territorio, entendiéndose por éste las áreas terrestres y las aguas territoriales. Este reconocimiento supone que la operación de un servicio aéreo internacional regular sobre el territorio de otro estado, quede sujeta a la obtención de un permiso expreso del mismo. Este es el motivo por el que la navegación aérea comercial está sometida a las conversaciones entre estados, es decir, a los llamados acuerdos bilaterales,<sup>14</sup> ya que en la reunión de Chicago fue imposible alcanzar un acuerdo sobre el intercambio multilateral de tal privilegio.<sup>15</sup> No obstante los derechos de tráfico se extienden más allá de la simple utilización del espacio aéreo. De modo general se conocen seis *libertades del aire* o derechos de tráfico que aparecen detalladas en el *cuadro 2.1*.

Destaca la exclusión de la aplicación del Convenio de las llamadas aeronaves de estado, es decir las utilizadas en servicios militares de aduanas o policía. Igualmente se excluye el intercambio de derechos de *cabotaje*, es decir el transporte de pasajeros, carga y correo entre dos puntos interiores de un estado por parte de una aeronave extranjera, quedando la otorgación de este derecho a discreción de los estados pero siempre que no se conceda o reciba en condiciones de exclusividad. Asimismo puede haber zonas

---

<sup>14</sup> Cuando un acuerdo bilateral se ratifica, y si se designa una compañía por país, se constituye un duopolio que controla la oferta de servicios entre los países firmantes. Estos acuerdos se basan en el principio de reciprocidad, es decir, en un intercambio igual de derechos de tráfico independientemente del tamaño de cada Estado y la fortaleza de las respectivas compañías. Adicionalmente un bilateral puede ser sencillo o de múltiple designación según se establezca una o varias compañías por país.

<sup>15</sup> Con la única excepción de los servicios no regulares que contarán con dicho privilegio, aunque se introducen algunas salvaguardias.

prohibidas en el espacio aéreo, aunque con extensión y situación razonables a fin de no estorbar innecesariamente a la navegación aérea. En condiciones extremas de emergencia los estados se reservan el derecho a restringir o prohibir completamente la navegación en su espacio aéreo.

### Cuadro 2.1. Las libertades del aire.

1ª	Derecho de una línea aérea a sobrevolar otro estado.
2ª	Derecho de una línea aérea a aterrizar por razones técnicas.
3ª	Derecho de una línea aérea a llevar tráfico desde el propio estado A hasta otro estado B.
4ª	Derecho de una línea aérea a embarcar tráfico en B cuyo destino sea A.
5ª	Derecho de una línea aérea a tomar o dejar tráfico entre B y un tercer estado C, lo que exige la aprobación por parte de C, en una ruta con origen o destino en supropio estado A.
6ª	Derecho de una línea aérea a tomar o dejar tráfico entre B y un tercer estado C, lo que exige la aprobación por parte de C, en una ruta que hace escala en su país A.
7ª	Derecho de una línea aérea a tomar o dejar tráfico entre B y un tercer estado C, lo que exige la aprobación por parte de C, sin pasar por su país A.
8ª	Cabotaje o transporte de pasajeros y/o mercancías entre dos puntos interiores de un estado por parte de una aeronave extranjera.

Las naciones firmantes se comprometen también a observar las normas específicas de otros estados cuyo territorio sobrevuelen. Como tal reglamentación habrá de ser consistente con lo que emane del Convenio existirá bastante uniformidad. En cuanto a las tarifas aeroportuarias y similares se adopta una visión no discriminatoria, y en

consecuencia, los derechos exigidos habrán de ser iguales independientemente de la nacionalidad de las aeronaves. Además las autoridades competentes de cada estado tendrán el derecho a inspeccionar las aeronaves de los demás estados, así como a examinar los certificados y documentos prescritos en el Convenio, es decir:

1. Certificado de matrícula;
2. Certificado de aeronavegabilidad;
3. Licencias apropiadas para cada miembro de la tripulación;
4. Diario de a bordo;
5. Licencia de la estación de radio;
6. Lista de pasajeros con sus nombres y lugares de embarque y destino;
7. Un manifiesto y declaraciones detalladas de la carga.<sup>16</sup>

El Convenio recoge asimismo la necesidad de facilitar el transporte aéreo internacional suprimiendo o simplificando al máximo los obstáculos que se oponen a la circulación de las aeronaves, sus pasajeros, tripulaciones, equipajes, carga y correo, evitando todo retardo innecesario, especialmente en la aplicación de las leyes sobre inmigración, sanidad, aduanas y despacho. Esta facilitación afecta también a las instalaciones y aspectos técnicos de la navegación aérea.

Cuando existan aeronaves en peligro, los estados se comprometen a proporcionar los medios de asistencia que consideren factibles, así como a permitir que los propietarios de la aeronave o las autoridades de la nación a la cual pertenece, proporcionen los medios de asistencia que las circunstancias exijan. Esta colaboración se extiende a la investigación del accidente, aunque la iniciativa corresponde al país en cuyo territorio se produzca el suceso.

---

<sup>16</sup> Se prohíbe expresamente el transporte de municiones o material de guerra sin el consentimiento de los estados afectados.

Así, los estados reunidos en 1944 se comprometían a colaborar con el fin de lograr el más alto grado de uniformidad posible en las reglamentaciones, normas, procedimientos y organización relativos a las aeronaves, personal, aerovías y servicios auxiliares en todas las cuestiones en que tal uniformidad facilitara y mejorara la navegación aérea. Cualquier estado que se desviase de la norma consensuada a nivel internacional venía obligado a comunicarlo a la OACI, y ésta a su vez al resto de los estados.

Poco después de su creación, el Consejo<sup>17</sup> de la OACI plantea la necesidad de dividir el mundo en regiones de navegación aérea, ya que cuando se contempla la planificación de instalaciones y servicios, resulta más sencillo y operativo consultar con un número limitado de estados, sobre todo si las distintas zonas dentro de la región comparten especificidades que requieren de una planificación uniforme.

En la actualidad se consideran las siguientes regiones de navegación aérea: África-Océano Indico, Asia, Caribe, Europa, Oriente Medio, América del Norte, Atlántico Septentrional, Pacífico y América del Sur.<sup>18</sup>

### 2.1.2. La OACI

En el artículo 43 del Convenio se crea la *Organización de Aviación Civil Internacional* (OACI), que perseguirá los siguientes objetivos (art.44):

1. Lograr el desarrollo seguro y ordenado de la aviación civil internacional en todo el mundo;
2. Fomentar las técnicas de diseño y manejo de aeronaves para fines pacíficos;
3. Estimular el desarrollo de aerovías, aeropuertos e instalaciones y servicios de navegación aérea para la aviación civil internacional;
4. Satisfacer las necesidades de los pueblos del mundo respecto a un transporte aéreo seguro, regular, eficaz y económico.

---

<sup>17</sup> Véase el siguiente apartado.

<sup>18</sup> La definición de las zonas se realiza en el apéndice de las Instrucciones para las conferencias regionales de navegación aérea y reglamento interno de las mismas (Doc. 8144-AN/4 de OACI).

5. Evitar el despilfarro económico producido por una competencia excesiva;
6. Asegurar que se respeten plenamente los derechos de los estados contratantes y que cada estado contratante tenga oportunidad equitativa de explotar empresas de transporte aéreo internacional;
7. Evitar la discriminación entre estados contratantes;
8. Promover la seguridad de vuelo en la navegación aérea internacional;
9. Promover, en general, el desarrollo de la aeronáutica civil internacional en todos sus aspectos.

El punto octavo capta expresamente la necesidad de promover la seguridad de vuelo, aunque dentro de algunos otros objetivos encontramos también el aspecto de la seguridad de forma subyacente. Asimismo se recoge la faceta de servicio público del transporte, un principio de no discriminación entre estados y la necesidad de evitar el despilfarro de recursos al que conduce la competencia excesiva.<sup>19</sup>

El órgano supremo de la OACI es la *Asamblea*, que se reúne al menos una vez cada tres años, siendo miembros todos los estados contratantes. El derecho a voto es uniforme, correspondiendo un voto por cada país miembro.

El *Consejo* es el órgano ejecutivo responsable ante la Asamblea. Está compuesto por treinta y tres estados elegidos por la Asamblea para un período de tres años. La designación de un estado como participante en este órgano depende de su importancia relativa en términos de tráfico aéreo y suministro de instalaciones y servicios para la navegación aérea civil internacional, aunque también se pretende que queden representadas todas las principales regiones del mundo. Ninguno de los representantes de los estados podrá encontrarse vinculado a la explotación de un servicio aéreo internacional. En caso de diferencias entre estados miembros sobre cuestiones relativas a la aviación y a la aplicación del Convenio, es el Consejo quien resuelve.

---

<sup>19</sup> Véase Betancor y Jorge Calderón (1996).

Son órganos auxiliares del Consejo: La *Comisión de Aeronavegación*, el *Comité de Transporte Aéreo*, el *Comité de Ayuda Colectiva* para los servicios de navegación aérea y el *Comité de Finanzas*.

Finalmente el personal de la *Secretaría*, bajo la dirección del Secretario General, constituye la estructura permanente de la OACI, proporcionando ayuda técnica y administrativa a los estados miembros, al Consejo y a sus órganos auxiliares. Se encuentra integrada por cinco direcciones principales: navegación aérea, transporte aéreo, asuntos jurídicos, asistencia técnica y administración.<sup>20</sup> Además la OACI cuenta con *oficinas regionales* permanentes en París, Dakar, Nairobi, Bangkok, El Cairo, México y Lima. La labor de éstas consiste en mantenerse en contacto permanente con los países miembros de su área para fomentar la aplicación de los criterios, decisiones y requisitos adoptados por la Organización.

Si bien la OACI es el foro intergubernamental básico en el que se tratan los aspectos del transporte aéreo internacional, existen otros tres organismos similares aunque con carácter geográfico limitado a aéreas homogéneas. Nos referimos a la *Comisión Europea de Aviación Civil*, *Comisión Africana de Aviación Civil* y a la *Comisión Latinoamericana de Aviación Civil*. Estas organizaciones, aún siendo independientes de la OACI, se coordinan con la misma para evitar la duplicación de funciones.

### 2.1.3. Transporte aéreo internacional

En esta parte el Convenio resulta más breve, incidiendo nuevamente en aspectos coincidentes con el de navegación aérea. Se señala, no obstante, la obligación de los estados de velar por que las líneas aéreas internacionales presenten ante el Consejo estadísticas de tráfico e informes financieros. De hecho este requerimiento parece haberse

---

<sup>20</sup> Un organigrama de la secretaría de la OACI puede encontrarse en Ministerio de Transportes Turismo y Comunicaciones (1986).

cumplido en un alto grado si atendemos al volumen de datos manejados por la OACI actualmente.<sup>21</sup>

También queda recogido en este apartado del Convenio la potestad de los estados para designar las rutas aéreas sobre su territorio, y en su caso los aeropuertos que podrán ser utilizados. Si el Consejo de la OACI considera que éstos u otras instalaciones y servicios para la navegación aérea no son los adecuados, consultará con la nación afectada y tratará de darle solución, aunque ningún estado será responsable de incumplir el Convenio si no sigue las recomendaciones del Consejo al respecto. En esta situación podría suceder que el Consejo, con aportaciones de los estados contratantes que así lo consientan y cuyas líneas aéreas utilicen tales servicios e instalaciones, financiase total o parcialmente la provisión y funcionamiento de los mismos. Esta inversión podría ser posteriormente recuperada con los ingresos provenientes de su explotación o por los de su venta al estado en el que se ubican.

Finalmente se permite de forma expresa la formación de organizaciones de explotación conjunta entre estados y la operación de servicios de transporte aéreo de forma mancomunada, aunque siempre que contemplen la normativa del Convenio. Obviamente se trata de una puerta abierta para la explotación del poder monopolista, aunque quizás la intención que guiara la redacción de estos artículos en el año 1944, cuando la aviación civil comenzaba a desarrollarse, fuera la de fomentar el transporte aéreo en general, y si ello se conseguía coludiendo, merecía la pena hacerlo.<sup>22</sup>

---

<sup>21</sup> La OACI edita anualmente un amplio catálogo de publicaciones. Se trata no sólo de estadísticas sino también de recomendaciones, informes, estudios, modificaciones etc. En el apartado de datos de las compañías de transporte aéreo la información es valiosa y muy conveniente para los interesados en estudiar el sector.

<sup>22</sup> De hecho, la competencia excesiva, de acuerdo con la relación de objetivos de la OACI, se asocia a despilfarro económico y no a incrementos de bienestar social. Esto ha justificado la situación histórica de la aviación civil internacional caracterizada por la presencia de compañías de bandera que en escasas ocasiones competían con sus homólogos internacionales.

#### 2.1.4. Disposiciones finales

En este apartado se recogen el tipo de normas comunes a todo documento jurídico de carácter internacional como la solución de controversias entre estados o sobre la interpretación del Convenio, sanciones en caso de incumplimiento, aplicación de las disposiciones en caso de guerra, adhesiones, enmiendas, etc.

#### 2.1.5. Los Anexos del Convenio

Dentro de las funciones obligatorias del Consejo de la OACI (art. 54 del Convenio) encontramos la de "adoptar normas y métodos recomendados internacionales..., designándolos por razones de conveniencia como Anexos al presente Convenio, y notificar a todos los estados contratantes las medidas adoptadas". De este modo, los actuales 18 Anexos del Convenio resultan tanto o más importantes que el propio documento original que es más una declaración de intenciones. La práctica relevante para el día a día de la operativa del transporte aéreo se recoge en tales Anexos.

Estas *normas y métodos recomendados internacionalmente* (SARPS) reflejan la experiencia de los distintos estados. La *norma* es una especificación cuya observancia en común se considera necesaria para la seguridad o regularidad de la aviación civil internacional, mientras que el *método recomendado* es una meta conveniente aunque no esencial.

Tal como se ha indicado, el Convenio contiene 18 Anexos que tratan las siguientes materias:

Anexo 1. *Licencias para el personal*. Regula la concesión de licencias a las tripulaciones de vuelo, a los controladores aéreos y al personal de mantenimiento de aeronaves.

Anexo 2. *Reglamento del aire*. Recoge las normas relativas a la realización del vuelo visual y del vuelo por instrumentos.

Anexo 3. *Servicio meteorológico para la navegación aérea internacional*. Trata el suministro de servicios meteorológicos y la notificación de observaciones que en esta materia realicen las aeronaves.

Anexo 4. *Cartas aeronáuticas*. Fija las especificaciones para las cartas aeronáuticas utilizadas en la navegación aérea.

Anexo 5. *Unidades de medida que se emplearán en las comunicaciones tierra-aire*. Establece tales unidades.

Anexo 6. *Operación de aeronaves*. Se divide a su vez en tres partes: transporte aéreo comercial internacional, aviación general internacional y operaciones internacionales-helicópteros. Se trata de que todas estas operaciones se realicen con un grado de seguridad que exceda el mínimo prescrito.

Anexo 7. *Nacionalidad y matrícula de las aeronaves*. Comprende los requisitos relativos a la matrícula e identificación de las aeronaves.

Anexo 8. *Aeronavegabilidad*. Trata la certificación e inspección de las aeronaves de acuerdo con ciertos procedimientos uniformes.

Anexo 9. *Facilitación*. Se suprimen las barreras que dificultan el transporte de pasajeros, mercancías y correo.

Anexo 10. *Telecomunicaciones aeronáuticas*. Se recogen los criterios para unificar los equipos y sistemas de comunicación, así como los procedimientos de las mismas.

Anexo 11. *Servicios de tráfico aéreo*. Considera el establecimiento y mantenimiento de servicios de control del tráfico aéreo, de información de vuelo y de alerta.

Anexo 12. *Búsqueda y salvamento*. Organiza el funcionamiento de las instalaciones y servicios necesarios para la búsqueda y rescate.

Anexo 13. *Investigación de accidentes de aviación*. Establece criterios uniformes para la notificación, investigación e informes de accidentes aéreos.

Anexo 14. *Aeródromos*. Recoge las normas y recomendaciones para el proyecto y equipación de los aeródromos.

Anexo 15. *Servicios de información aeronáutica*. Contempla los métodos de recogida y difusión de la información necesaria para las operaciones de vuelo.

Anexo 16. *Protección del medio ambiente*. Comprende las especificaciones para la certificación de las aeronaves relativas al ruido que producen y a las emisiones de sus motores.

Anexo 17. *Seguridad*. Presenta las normas y recomendaciones encaminadas a proteger a la aviación civil internacional de los actos de interferencia ilícita.

Anexo 18. *Transporte seguro de mercancías peligrosas*. Recoge los criterios para el etiquetado, embalaje y expedición de mercancías peligrosas.

Además de las normas y métodos recomendados recogidos en los anexos citados, la OACI también dicta *procedimientos para los servicios de navegación aérea (PANS)*. Estos son propuestos por la Comisión de Aeronavegación, y después de consultar con los estados, han de ser aprobados por el Consejo. Se trata de procedimientos operacionales y disposiciones que se consideran demasiado detalladas como para ser incluidas en los SARPS, por lo que, generalmente, amplían lo que éstos recogen como principios básicos. Existen además *procedimientos suplementarios regionales*. En ellos se normaliza la aplicación específica de los SARPS y PANS a las regiones de la OACI, o se promulga un procedimiento especial para la región.

Todo este conjunto de normas, procedimientos y recomendaciones dictadas en el seno de la OACI, resultan de aplicación obligada en los estados miembros una vez que éstos las han transcrito en forma de leyes o reglamentos nacionales, aunque ajustados en cada caso a sus condiciones operativas particulares. Es la autoridad de aviación civil respectiva la que se ocupa de hacerlas cumplir mediante el establecimiento de un sistema de refuerzo, inspección y penalización. Así, por ejemplo, cada organismo de aviación civil ostenta el control sobre la emisión de licencias para pilotos, ingenieros de mantenimiento o controladores aéreos. Si uno de ellos incumpliese la legislación podría ver revocada su licencia.

Por último, cuando un estado no adapta su normativa a la emanada de la OACI, entonces es requerido para completar una *diferencia* que se comunica al resto de los estados.

A continuación ofrecemos, a modo de ejemplo, una descripción de las actividades realizadas por la Autoridad de Aviación Civil británica (CAA).

#### 2.1.6. El caso de la CAA

La aviación civil británica opera con un alto grado de seguridad en sus operaciones, y la Autoridad de Aviación Civil tiene la responsabilidad de mantenerlo y si es posible mejorarlo. Esta responsabilidad le fue otorgada en el momento de su constitución en 1972 por el Parlamento Británico, y afecta a todos los aspectos de la aviación.

La Autoridad de Aviación Civil británica se dedica a la provisión de servicios públicos como el control del tráfico aéreo, actuando también como organismo regulador.<sup>23</sup> Es independiente del Gobierno, aunque los miembros del Consejo son nombrados por el Secretario de Estado para los Transportes. No recibe subsidios por parte de éste, y se espera que sea capaz de cubrir costes además de obtener un rendimiento razonable sobre el capital empleado.<sup>24</sup> Más del 80% de sus ingresos provienen de la prestación de servicios de tráfico en el espacio aéreo británico y en los aeropuertos.

Su responsabilidad en cuanto a seguridad de la aviación afecta a elementos humanos, técnicos y operacionales, consistiendo su papel fundamental en fijar niveles de referencia obligada y comprobar el grado de cumplimiento.

Antes de que una línea aérea pueda iniciar su actividad necesita obtener un certificado de operador aéreo emitido por la CAA. Dicho certificado confirma que el nuevo

---

<sup>23</sup> Una exposición detallada de las labores que realiza este organismo puede encontrarse en CAA (1992).

<sup>24</sup> Un promedio de un 8% sobre el capital empleado en un período de tres años y antes de intereses.

transportista posee los recursos técnicos y directivos necesarios para asegurar la realización segura del servicio de transporte.

Los inspectores de operaciones de vuelo de la CAA monitorizan constantemente la actuación de las compañías, y aunque la mayoría de sus labores de inspección se realiza con previo aviso, también llevan a cabo inspecciones sorpresa. Estos inspectores examinan el comportamiento de pilotos y tripulaciones en sus labores cotidianas, las tareas de mantenimiento, los programas de entrenamiento, la forma en que se utilizan los simuladores de vuelo y el modo en que se rectifican los defectos. Otras áreas que reciben un tratamiento detallado incluyen la planificación de vuelos, el manual de operaciones, el modo en que se controla la limitación de tiempos de vuelo para las tripulaciones, etc. Después de una inspección el representante de la CAA se reúne con los directivos de la compañía comunicándoles, en su caso, cuáles son las áreas que necesitan reforzar. En caso de comportamiento inadecuado, la CAA puede sancionar a los transportistas mediante la limitación, variación o incluso la revocación del certificado de operador aéreo.

Asimismo se controla la salud financiera de las compañías, que se pretende sea compatible con una amplia calidad del servicio y las menores tarifas posibles.<sup>25</sup>

La CAA fija los niveles de entrenamiento y experiencia para la obtención de las correspondientes licencias para los miembros de las tripulaciones británicas. La única excepción afecta a los pilotos que pueden haberse formado en escuelas de vuelo siempre que estén reconocidas por la Autoridad de Aviación Civil, si bien deben superar una prueba final preparada por los examinadores de la CAA. Este organismo también emite las licencias necesarias para trabajar como controlador aéreo, ingeniero de vuelo y otros. Las licencias se renuevan cada cierto tiempo y para ello debe presentarse evidencia sobre la experiencia acumulada y superar un chequeo médico.

---

<sup>25</sup> En el capítulo 3 se presentan diversos estudios empíricos que vinculan la rentabilidad de las compañías y su seguridad.

Un control parecido se ejerce sobre las aeronaves, que deberán ser aprobadas por dicho organismo. Antes de emitir un certificado de aeronavegación, la Autoridad comprueba que el avión cuente con las óptimas condiciones para el vuelo. La CAA aprueba las organizaciones británicas que diseñan y construyen aviones, su trabajo es continuamente supervisado con el objeto de comprobar que cumplen con los niveles pre-establecidos, y para ello los pilotos de la CAA revisan personalmente las características de las nuevas aeronaves. La Autoridad sigue un proceso similar con los aviones de importación, que habrán de contar también con el correspondiente certificado británico de aeronavegabilidad, aunque en este proceso se consideran las certificaciones ya obtenidas en otros países.

Igualmente la Autoridad de Aviación Civil emite licencias para los aeródromos, y sus inspectores los visitan periódicamente realizando comprobaciones de las características físicas, señalización, marcas, iluminación y servicios de emergencia.

A pesar de que el ratio de accidentes en el transporte aéreo ha disminuido a lo largo del tiempo todavía se considera esencial la implementación de medidas preventivas.<sup>26</sup> Esto es algo que preocupa tremendamente a la CAA, que ha establecido un sistema obligatorio de información de ocurrencias.<sup>27</sup> Esta información es pública y de inestimable valor ya que pone de manifiesto peligros reales o potenciales que pueden degenerar y provocar un accidente.

La CAA también regula la industria a nivel económico. El Acta de Aviación Civil de 1982 otorga a ésta el deber de asegurarse de que las líneas aéreas británicas satisfacen la demanda pública de un modo consistente con el desarrollo de la industria. Tal obligación significaba que la Autoridad debía aprobar las tarifas aplicadas al transporte aéreo regular internacional y al doméstico. Tras la formación del Mercado Único

---

<sup>26</sup> Véase el apartado siguiente.

<sup>27</sup> Las ocurrencias incluyen todos aquellos sucesos fuera de lo normal que puedan sucederle al avión, su tripulación o pasaje. Incluye por tanto accidentes e incidentes.

Europeo en 1992 y la ejecución del proceso desregulador del transporte aéreo, las compañías pueden fijar las tarifas libremente y esta faceta reguladora de la CAA ha desaparecido. No obstante, todavía ha de aprobar las tarifas aplicadas en los mayores aeropuertos británicos, y funciona como un pequeño tribunal que investiga prácticas de competencia desleal en los mismos. La regulación económica afecta también a los tour-operadores, que cuando así lo solicitan pueden obtener una licencia. Esta licencia es un garantía para los viajeros, pues se requiere el depósito de un aval que sirve para repatriar a los pasajeros en caso de quiebra del organizador del viaje.

Finalmente, la CAA actúa como asesor del Gobierno en todas aquellas materias relacionadas con el transporte aéreo, y colabora con otras autoridades europeas con el objeto de maximizar la seguridad y el uso eficiente del espacio aéreo europeo.

## 2.2. La naturaleza de la seguridad en transporte aéreo<sup>28</sup>

### 2.2.1. La medición de la seguridad

La seguridad es un atributo del servicio de transporte aéreo que no se puede observar directamente, ni en consecuencia, medir. Lo único que se observa es el resultado, accidente o incidente, que se produce por la conjugación entre el gasto que aplica la compañía para la adopción de precauciones y el azar. Es por ello que el nivel de seguridad se aproxima por sus consecuencias, y mediante la utilización de las mismas, se intenta medir. Por lo tanto, no hay estadísticas sobre seguridad, sólo sobre accidentes o incidencias. No obstante, si el gasto que por motivos de seguridad realizan las compañías está disponible, también puede considerarse como una buena variable proxy de la seguridad.<sup>29</sup>

Las estadísticas de seguridad en transporte aéreo suelen recoger cifras absolutas como el número de accidentes, las víctimas mortales, los heridos, etc; aunque también se ofrecen en forma de ratios que permiten realizar comparaciones bien entre compañías, por años o intermodales. Consideremos por ejemplo dos tipos de aviones. El primero vuela un millón de horas en un año y tiene un accidente, mientras que el segundo realiza cinco millones de horas de vuelo al año y sufre cinco accidentes, con lo que el ratio (nº de accidentes/horas de vuelo) es el mismo para ambos.

En general este tipo de ratios relaciona el número de accidentes, incidentes, víctimas o daños, con alguna medida de exposición que permita la comparación deseada. Se suelen utilizar horas de vuelo, pasajeros-km transportados, número de vuelos y número de despegues y aterrizajes, entre otros. Cada ratio tiene sus ventajas e inconvenientes por

---

<sup>28</sup> En este apartado se utiliza como referencia básica OACI (1984).

<sup>29</sup> Loeb et al (1994) distinguen entre variables *input* y variables *output* de la seguridad. La primeras representan acciones que adoptan las líneas aéreas, los aeropuertos o gobiernos y que disminuyen la probabilidad de que un servicio aéreo sea inseguro. Las segundas representan el resultado de un servicio de transporte aéreo que se ha revelado como inseguro. Los gastos en mantenimiento de aeronaves o entrenamiento de los pilotos constituyen ejemplos de variables *input*, los accidentes e incidentes serían casos de variables *output*.

lo que la medida seleccionada dependerá del propósito de estudio. Por ejemplo, un pasajero estará menos interesado en conocer cuántas personas se encuentran sometidas al mismo riesgo que él, y probablemente prefiera una medida que indique cada cuántos vuelos se produce un accidente con consecuencias fatales.

El empleo de estas tasas relativas debe hacerse con especial cuidado si lo que se desea es determinar cuál es el operador aéreo más seguro. La posibilidad de manipulación es obvia. Por ejemplo, si lo que se quiere probar es que las compañías que vuelan en larga distancia son más seguras que los transportistas regionales basta con que dividamos el número de accidentes por los pasajeros-km transportados; mientras que si lo que se pretende demostrar es lo opuesto la recomendación es que se pondere con el número de aterrizajes o despegues. Oster y Zorn (1989) consideran que si se utiliza la variable “salida de pasajeros” como medida de exposición se evitaría el sesgo mencionado.

También la variable horas voladas permitiría una comparación algo más adecuada, como la que se presenta a modo de ejemplo en el *cuadro 2.2*. Estos datos servirían de evidencia para establecer una ranking de seguridad por tipo de transportista, no obstante se hacen necesarios estudios más detallados como los que se comentan en el capítulo tercero de este trabajo.<sup>30</sup>

Esta misma dificultad se encuentra presente en la realización de comparaciones intermodales. Las compañías de transporte aéreo y los fabricantes de aviones suelen argumentar que la aviación comercial es uno de los modos de transporte más seguros, sin embargo esta afirmación se fundamenta en una forma determinada de medir la seguridad. Para ilustrar el tipo de dificultades inherentes a toda comparación por modos de transporte se presenta el *cuadro 2.3*. para el caso de Gran Bretaña.

---

30

Véase por ejemplo Oster y Zorn (1989) y Phillips y Talley (1993).

Efectivamente el modo de transporte aéreo resulta ser el más seguro si la variable de exposición es pasajeros-km, hasta trece veces más seguro que viajar en automóvil. La situación se invierte si se emplea número de viajes, siendo ahora el automóvil doce veces más seguro que el avión. Una variable de exposición considerada más neutra como las horas-hombre sitúa a ambos modos a la par. Finalmente cabe destacar la fatal situación que ocupan las motocicletas mientras que los autobuses se perfilan como el modo más seguro para todas las mediciones.

**Cuadro 2.2. Tasa de accidentes por cada 100 mil horas voladas. Transportistas aéreos estadounidenses.**

Año	Principales*	Regionales**	Taxis	Aviación general
1979	0.34	4.45	4.34	9.88
1980	0.21	3.23	4.73	9.86
1981	0.37	2.50	5.42	9.51
1982	0.22	2.00	4.05	10.06
1983	0.32	1.13	5.48	9.90
1984	0.17	1.26	4.74	9.55
1985	0.21	1.21	5.46	8.95
1986	0.21	0.87	3.98	8.80
1987	0.31	1.64	3.41	8.45
1988	0.29	0.93	3.45	7.97
1989	0.23	0.88	3.83	7.25
1990	0.22	0.63	3.28	7.01

\*: Aquellos que proveen servicios regulares haciendo uso de aeronaves con más de 30 asientos y una capacidad que excede las 7500 libras de peso.

\*\* : Aquellos que también proveen servicios regulares pero que no llegan a cubrir los requisitos anteriores.

Fuente: Loeb et al (1994)

El *cuadro 2.4.* recoge la evolución de algunos de los ratios mencionados a lo largo del tiempo, además de algunas cifras en términos absolutos. Para simplificar su interpretación se presentan los *gráficos 2.1. a 2.3.* que incorporan una tendencia lineal, la ecuación estimada de ésta y el  $R^2$  de la regresión.

Si bien los valores totales de número de accidentes y víctimas mortales se comportan erráticamente, cuando se ponderan con medidas de exposición, la tendencia parece ser decreciente. No obstante, el ratio número de víctimas mortales por cada 100 millones de pasajeros-km presenta para los últimos cuatro años valores por encima de la tendencia.

**Cuadro 2.3. Tasa de mortalidad por modos de transporte. Gran Bretaña 1992.**

Modo de transporte	Por cada 100 millones de pasajeros:		
	Viajes	Horas	Kilómetros
Aéreo	55	15	0.03
Automóvil	4.5	15	0.4
Autobús**	0.3	0.1	0.04
Ferrocarril*	2.7	4.8	0.1
Bicicleta	12	60	4.3
Pie	5.1	20	5.3
Furgoneta	2.7	6.6	0.2
Motocicleta	100	300	9.7
Agua	25	12	0.6

\*: Promedio 1975-92.  
 \*\*: Promedio 1988/89-92/93.  
 Fuente: Royal Society for the Prevention of Accidents ( The Economist, 1997).

**Cuadro 2.4. Accidentes en los servicios aéreos regulares con víctimas mortales(\*).**

Años	Nº de accidentes	Nº de víctimas mortales	Nº de víctimas mortales por cada 100 millones		Nº de accidentes mortales			
			Pasajeros-km	Pasajeros-milla	Por cada 100 millones		Por cada 100.000	
					Km volados	Millas voladas	Horas de vuelo	Aterrizajes
1975	21	467	0.08	0.13	0.28	0.45	0.17	0.22
1976	20	734	0.12	0.19	0.26	0.41	0.15	0.20
1977	24	516	0.07	0.12	0.30	0.48	0.18	0.24
1978	25	754	0.09	0.15	0.29	0.47	0.18	0.24
1979	31	877	0.10	0.16	0.34	0.55	0.21	0.29
1980	22	814	0.09	0.14	0.24	0.38	0.15	0.21
1981	21	362	0.04	0.06	0.23	0.37	0.14	0.20
1982	26	764	0.08	0.13	0.28	0.46	0.18	0.25
1983	20	809	0.08	0.13	0.21	0.34	0.13	0.18
1984	16	223	0.02	0.03	0.16	0.26	0.10	0.14
1985	22	1066	0.09	0.15	0.21	0.34	0.13	0.19
1986	17	331	0.03	0.04	0.15	0.24	0.09	0.14
1987	24	890	0.06	0.10	0.20	0.32	0.12	0.18
1988	25	699	0.05	0.08	0.19	0.31	0.12	0.18
1989	27	817	0.05	0.08	0.20	0.32	0.12	0.19
1990	22	440	0.03	0.04	0.15	0.25	0.09	0.15
1991	25	510	0.03	0.05	0.18	0.28	0.11	0.18
1992	25	990	0.06	0.09	0.16	0.26	0.10	0.17
1993	31	801	0.04	0.07	0.19	0.31	0.12	0.21
1994	24	732	0.04	0.06	0.14	0.23	0.09	0.15
1995	22	557	0.03	0.04	0.12	0.20	0.08	0.13

Fuente: Ministerio de Fomento (1995).

(\*): Datos referidos a OACI. Se excluye la Comunidad de Estados Independientes.

Un resultado similar se puede encontrar en el trabajo de Rose (1992), aunque para datos estadounidenses y para la tasa de accidentes totales por cada millón de salidas de aeronaves, que aparece durante los cuatro últimos años de la muestra (1987-1990) también por encima de la tendencia.

En ambos casos no se dispone de suficientes datos que nos permitan inferir que la seguridad del transporte aéreo se esté deteriorando, aunque tal como sugiere Rose, se hace necesario un escrutinio continuo de la evolución de las variables.

Los datos sobre accidentes aéreos los centraliza OACI. Dispone de un sistema de notificación de accidentes e incidentes denominado ADREP. Este sistema es un banco de datos a nivel mundial para aeronaves con un peso máximo de despegue superior a 2250 Kg. La información se encuentra a disposición de los Estados que las utilizan en labores de prevención. Además la Organización publica cada año una *Guía de Accidentes* en la que se ofrece una descripción detallada de determinados sucesos por su contribución a la mejora de la seguridad futura. Existen también publicaciones independientes como la utilizada en el capítulo quinto de este trabajo.

**Gráfico 2.1. Evolución del ratio nº de víctimas mortales por cada 100 millones de pasajeros-km**

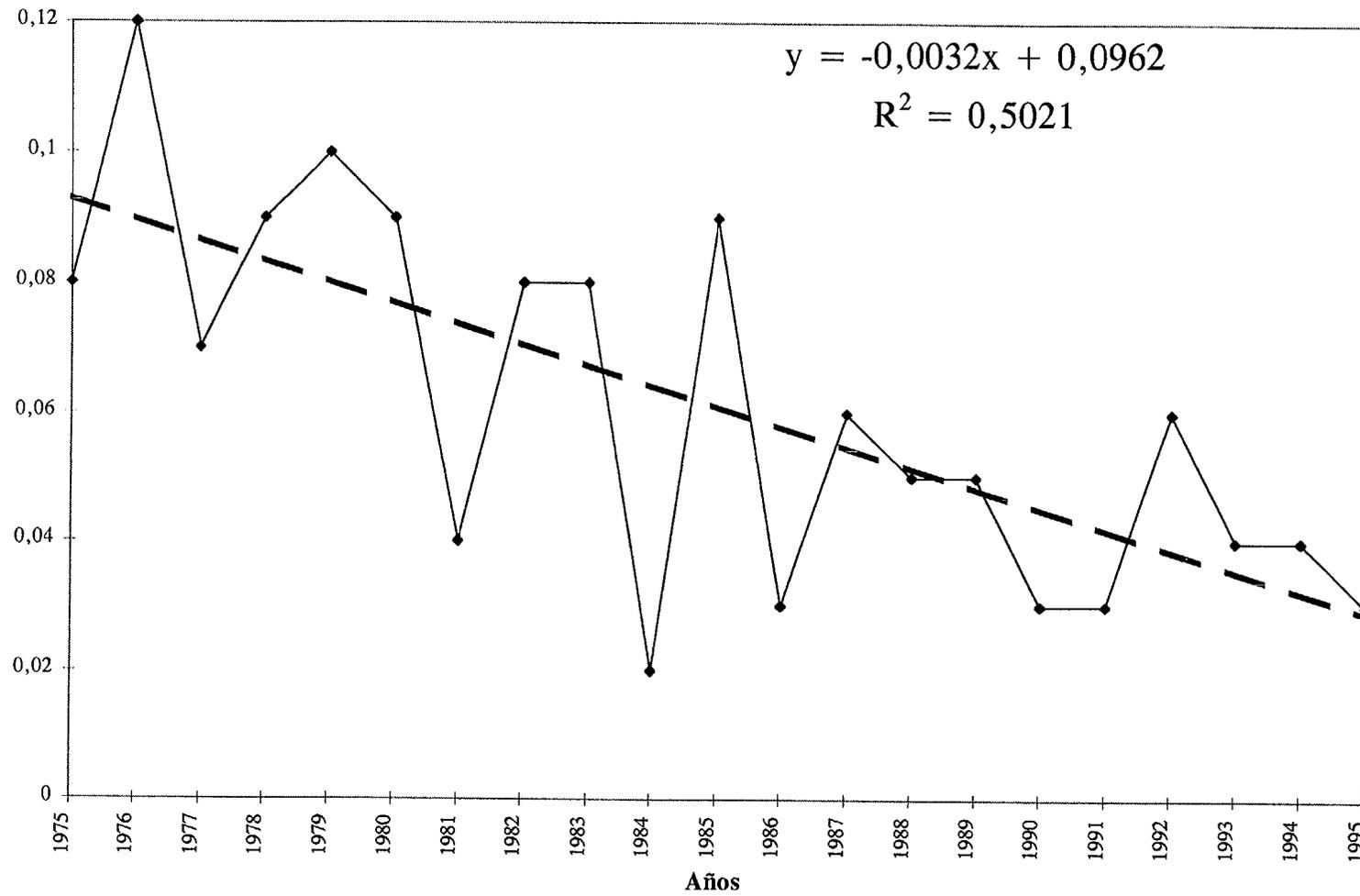


Gráfico 2.2. Evolución del ratio nº de accidentes mortales por cada 100 millones de kilómetros volados

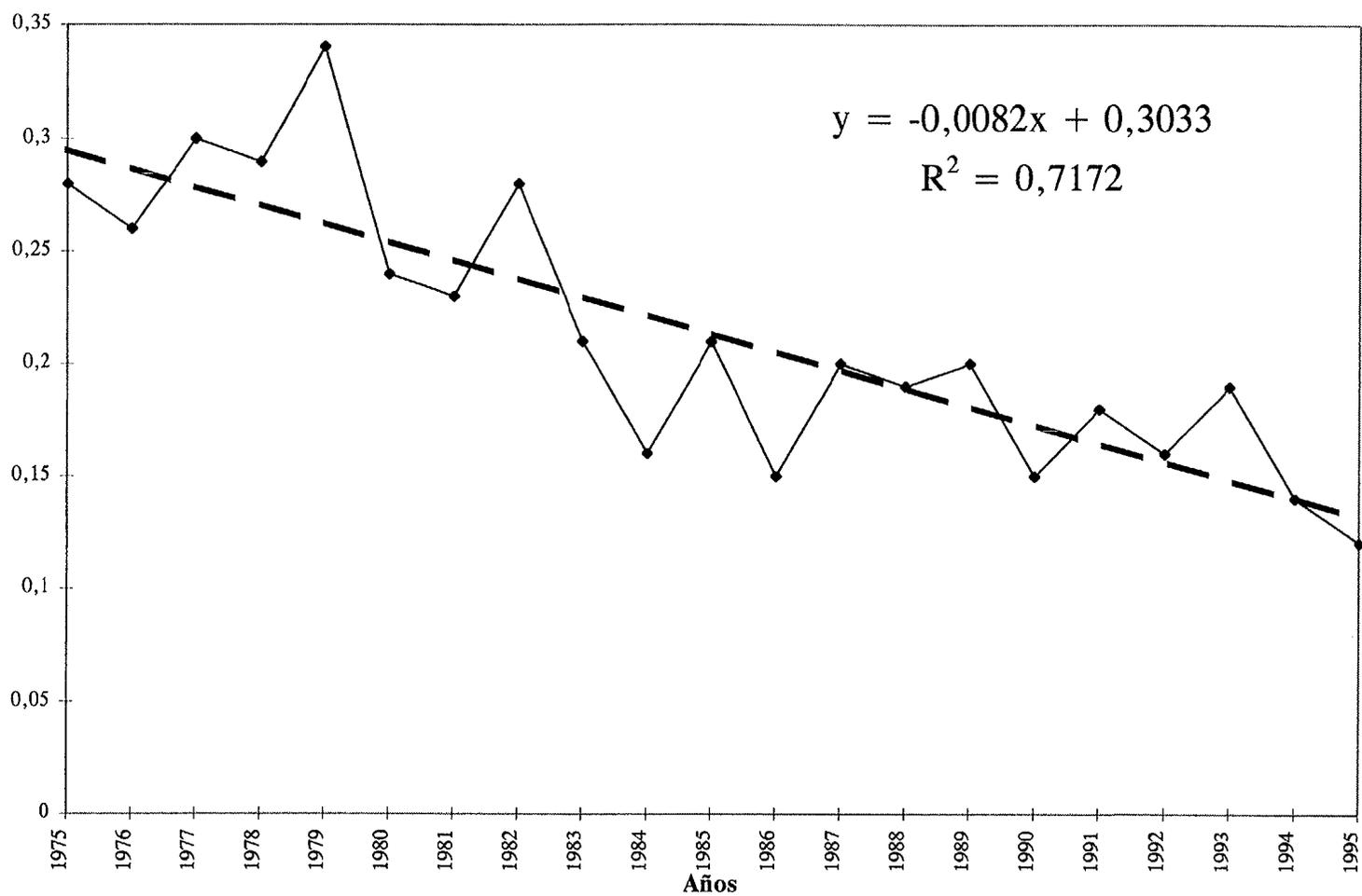
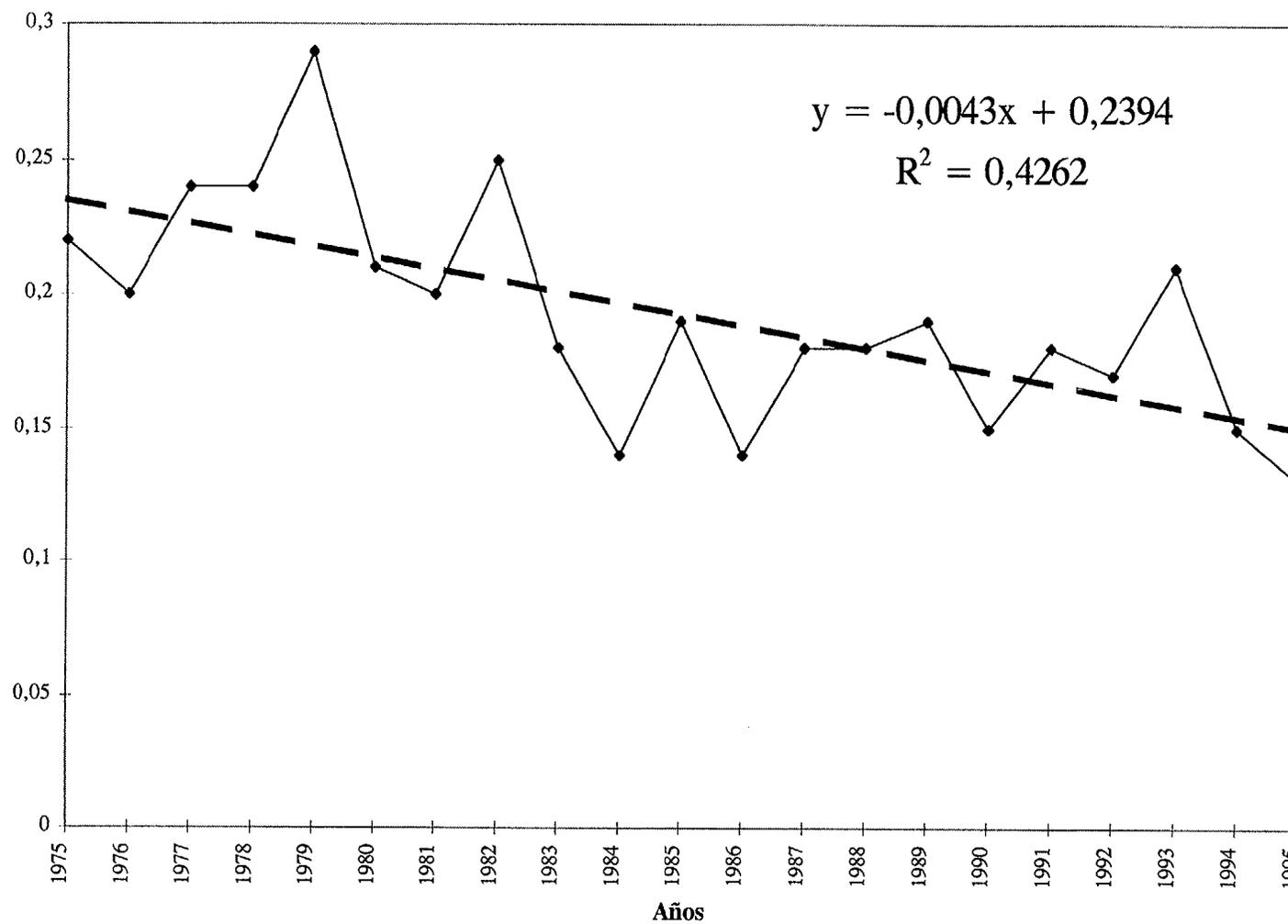


Gráfico 2.3. Evolución del ratio nº de accidentes mortales por cada 100 mil aterrizajes



### 2.2.2. La causa de los accidentes

Muy raramente encontramos que un accidente sea el resultado de una única causa. La situación típica se caracteriza por una combinación de sucesos causales que conducen hasta un punto en el que el accidente resulta inevitable. Estas causas consideradas individualmente pueden parecer insignificantes, pero su combinación resulta fatal. Podemos agrupar los factores causales en tres grandes grupos: hombre, máquina y entorno.

El factor *hombre* ha estado asociado tradicionalmente a la tarea desempeñada por los pilotos, de ahí el uso frecuente del término *error del piloto*. Sin embargo no son éstos los únicos dentro de la operativa del servicio de transporte aéreo. Hemos de considerar también la labor realizada por otros miembros de la tripulación tanto de vuelo como de cabina, el personal de tierra, los responsables del mantenimiento de las aeronaves, los controladores aéreos, los meteorólogos, los directivos, etc.

El hombre por naturaleza se niega a reconocer sus limitaciones y errores. Los motivos de este comportamiento en el ámbito que nos ocupa pueden comprender desde el miedo a la pérdida del trabajo o pérdida de reputación, hasta consideraciones de culpa y responsabilidad. Este comportamiento reticente hace que la información sobre las causas humanas de un accidente no siempre sea transparente. Las personas que trabajan en aviación son las primeras interesadas en la prevención y evitación de accidentes e incidentes, sin embargo si resultasen involucradas en uno se enfrentarían al dilema de contar la verdad y asumir su responsabilidad, u ocultarla y evitar las consecuencias. Si se opta por la última opción el peligro persistirá y por lo tanto el riesgo de experimentar otro suceso similar.

Aunque la tecnología aeronáutica ha avanzado de forma sustancial desde los inicios de la aviación civil, todavía se producen accidentes, en menor número ciertamente, por causa de fallos en la *máquina*. El error de la máquina se puede explicar por problemas en la fases de concepción, diseño o desarrollo de la aeronave. No obstante en el diseño

moderno de aviones se pretende minimizar la probabilidad de fallo de los componentes, y se busca evitar que, de producirse, un único fallo pueda ser causa de accidente. Por ejemplo mediante un criterio de redundancia en los sistemas y componentes considerados críticos. También se ha pretendido incorporar en el diseño las limitaciones inherentes a la naturaleza humana mediante la introducción de sistemas preventivos, como el de aviso de proximidad a tierra, y facilitando las tareas.<sup>31</sup>

A lo largo de la vida de cada componente de la máquina podemos identificar tres fases. Hay un período inicial en el que los fallos se producen principalmente debido a errores en el diseño o la producción; modificaciones posteriores estabilizan el número de fallos que pasan a producirse de forma aleatoria durante gran parte de su vida útil. Por último, hacia el final de la vida del componente se inicia la fase de desgaste con lo que el número de fallos termina aumentando nuevamente.

Sin embargo el nivel de seguridad con que opera una aeronave depende también del servicio de mantenimiento al que se somete. Este debe llevarse a cabo siguiendo las recomendaciones del fabricante; si fuese inadecuado se introducirían nuevos peligros.

El factor *entorno* comprende tanto el entorno natural como el entorno preparado por el hombre. El tiempo meteorológico, la topografía y otros fenómenos naturales conforman el entorno natural y sus manifestaciones, como la temperatura, el viento, la lluvia, la luz o las erupciones volcánicas quedan lejos del control humano. Se trata de peligros que no pueden eliminarse aunque sí pueden evitarse cuando se cuenta con un aviso previo. A su vez, dentro del entorno construido por el hombre podemos encontrar el conjunto de infraestructuras relacionadas con la aviación como los aeropuertos, el control aéreo del tráfico o las ayudas a la aeronavegación, o también un tipo de entorno, no físico, que recogería toda la normativa nacional e internacional aplicable. Como ejemplos de

---

<sup>31</sup> Por ejemplo, la introducción del piloto automático persigue evitar errores por manipulación inadecuada, sin embargo existe un interesante debate al respecto. Se plantea la dicotomía hombre-máquina, y hasta qué punto cuál resulta más fiable y flexible en su respuesta ante situaciones de peligro.

peligros dentro de este entorno artificial podemos mencionar los siguientes: obstrucciones en las pistas de aterrizaje, errores u omisiones en las cartas de navegación, mal funcionamiento o inexistencia de equipos en los aeropuertos, etc.

Al analizar las posibles causas de un accidente aéreo debemos considerar un factor adicional como es el tipo de *misión*. No es lo mismo operar un servicio de fumigación de campos agrícolas, que realizar un servicio aéreo regular, por lo que un posible fallo del hombre, la máquina o el entorno no tendrá las mismas consecuencias. Existen así riesgos intrínsecos al tipo de operación o misión que deben ser considerados en el análisis de las causas de un accidente.

Asimismo se ha de considerar que los tres elementos causales, hombre, máquina y entorno son interdependientes, y que el fallo en uno de ellos puede producir una reacción en cadena de modo que, finalmente, todos parezcan haber causado el suceso accidente.

A pesar del empleo de los términos hombre, máquina y entorno, es cierto que la máquina está hecha por el hombre, al igual que el tipo de entorno artificial referido. Por lo tanto, prescindiendo de las causas encontradas en el entorno natural, el origen de un accidente o incidente encuentra su explicación última en el factor hombre.

El *cuadro 2.5* presenta una clasificación de las causas de los accidentes aéreos. Tal como puede apreciarse más del 70% de los accidentes con causas conocidas encuentran su explicación última en fallos de la tripulación. Sin embargo este elevado porcentaje surge al tratar de identificar una única causa. Tal como hemos comentado, los accidentes suelen ser el resultado de una cadena de eventos, si en el transcurso de los mismos la tripulación se ha mostrado incapaz de prevenir el accidente, se le identifica como causa primaria del mismo.

**Cuadro 2.5. Factores causales primarios de los accidentes. Aviación civil mundial.**

Factor primario	Número de accidentes		Porcentaje del total de accidentes	
	1959-1980	1981-1990	1959-1980	1981-1990
Tripulación	199	79	76.8	70.5
Aeronave	27	13	10.4	11.6
Mantenimiento	3	3	1.2	2.6
Tiempo atmosférico	12	6	4.6	5.4
Aeropuertos/ATC	9	6	3.5	5.4
Otros	9	5	3.5	4.5

Fuente: Weener y Wheeler (1992).

Finalmente el *cuadro 2.6.* muestra cómo se distribuyen los accidentes según la fase de vuelo. Podemos observar que casi un 70% de los accidentes se concentran en las fases de despegue, ascenso inicial, aproximación final y aterrizaje, fases que en términos de tiempo de vuelo representan tan sólo un 6%.

**Cuadro 2.6. Distribución de los accidentes por fase de vuelo.**

Fase de vuelo	Porcentaje de accidentes	Porcentaje de tiempo de vuelo
Carga, taxi y descarga	4.7	-
Despegue	19.5	1
Ascenso inicial	10.1	1
Ascenso	6	13
Crucero	6	60
Descenso	2.7	10
Aproximación inicial	10.7	11
Aproximación final	14.7	3
Aterrizaje	25.5	1

Fuente: Weener y Wheeler (1992)

### 3. EL TRATAMIENTO DE LA SEGURIDAD EN TRANSPORTE AÉREO

#### 3.1. Introducción

Dentro de la literatura económica referente a la seguridad del modo de transporte aéreo podemos encontrar distintas aproximaciones. Una primera rama de la literatura centra su análisis en el impacto que los beneficios actuales de las compañías de transporte aéreo, puedan tener sobre su nivel de seguridad futuro. Se parte de la premisa de que los transportistas con una situación financiera delicada tenderán a recortar su inversión en seguridad y, en consecuencia, a sufrir un mayor número de accidentes.<sup>32</sup> Si dicho supuesto se confirma como cierto, el control de los estados financieros por parte del ente regulador resultaría imprescindible. Esta aproximación estaría en línea con la *visión del fallo de mercado* propuesta por Chalk (1983).

La relación entre beneficios y seguridad se caracteriza por presentar un problema de simultaneidad. Es cierto que la salud financiera actual de las compañías de transporte aéreo determina su actuación futura en términos de seguridad; sin embargo, también es cierto que la relación se invierte de tal manera que su nivel de seguridad actual, medido principalmente en forma de accidentes e incidentes, explicaría el estado de los beneficios futuros. De esta relación se ocupa una segunda orientación de la literatura. Su objetivo último consistiría en determinar si el mercado resulta lo suficientemente poderoso como para penalizar a aquellas líneas aéreas que se han revelado como negligentes. Se trata por tanto de verificar la *visión de la respuesta del mercado* planteada también por Chalk (1983).

Gran parte de los trabajos empíricos sobre seguridad del transporte aéreo han considerado el efecto de la desregulación. Estos constituirían la tercera ramificación de la teoría. El proceso desregulador ha significado la introducción de profundos cambios en mercados

---

<sup>32</sup> Es lo que en inglés se denomina *the profit-safety argument*.

caracterizados por la presencia de poder monopolista protegido desde el Estado. Es por ello que los estudios que relacionan desregulación y niveles de seguridad se concentran en alguno de dichos cambios y examinan su influencia particular sobre el nivel de seguridad. Por ejemplo se considera el impacto de la sustitución de aviones a reacción por otros de turbohélice en rutas regionales, el efecto de la entrada de nuevos competidores, los cambios experimentados por la política de mantenimiento o lo que ha supuesto el desarrollo de nuevos sistemas de comunicación como los centro radiales.

Finalmente, otra orientación de la literatura se centra en las imperfecciones de la estructura informacional, y en la existencia de un problema de riesgo moral entre agentes financieros y compañías de transporte aéreo.

### **3.2. El efecto de los beneficios sobre la seguridad**

Si consideramos en primer lugar que son los beneficios los que explican el grado de seguridad de los transportistas encontramos que, de acuerdo con la intuición, el coeficiente del parámetro que acompaña a la variable beneficios debería ostentar un signo positivo. Esto sería consistente con que a las líneas aéreas con mayores niveles de beneficios le correspondieran los mayores niveles de seguridad, y a la inversa. No obstante, en lugar de una medida directa de la seguridad suele emplearse un output de la misma como es el número de accidentes. En este caso el signo adecuado del coeficiente sería negativo, señalando que las compañías más rentables serían también las que experimentasen un menor número de accidentes. Sin embargo la evidencia disponible no siempre confirma esta creencia.

Golbe (1986) analiza un modelo de provisión de seguridad en condiciones de incertidumbre y hace una aplicación empírica con datos de la industria de transporte aéreo estadounidense. En el desarrollo teórico, Golbe introduce la incertidumbre por la variabilidad de los beneficios para la empresa. La ecuación de partida es la función objetivo de la misma escrita en forma de equivalente cierto:

$$\underset{s}{\text{Max}}[E(\Pi) - R(E(\Pi), \text{Var}(\Pi))]$$

donde  $\Pi$  denota los beneficios y  $R$  es la prima al riesgo definida por la condición

$$U(E(\Pi) - R) = E(U(\Pi))$$

siendo  $U$  la función de utilidad. De acuerdo con ello la expresión entre corchetes en la primera ecuación es el equivalente cierto de los beneficios.

Según el modelo teórico, el signo de la relación estaría indeterminado y dependería de la actitud ante el riesgo de las compañías así como de su estructura de costes y demanda. A nivel empírico Golbe realiza dos regresiones principales; una con datos de corte transversal y otra con una serie temporal. Para la primera utiliza datos de las operaciones en el mercado interior de once empresas durante el período 1963-1970, aunque combina la muestra y forma dos *pooling* de datos para los períodos 1963-1966 y 1967-1970. El segundo conjunto de datos consiste en observaciones para el período 1952-1972 de los servicios nacionales de la industria como un todo.

Las ecuación estimada para la muestra de datos de corte transversal es:

$$A = a_0 + a_1 \text{PROF} + a_2 \text{DEP} + a_3 \text{STAGEL} + e_1$$

en la que:

$A$  = Raíz cuadrada del número total de accidentes.<sup>33</sup>

---

<sup>33</sup> Si se asume que los accidentes ocurren independientemente a lo largo del tiempo y que la probabilidad de accidente es constante, entonces la variable número de accidentes tendrá una distribución de Poisson, por lo que la varianza no será constante a través de las observaciones, y los estimadores de MCO no serán eficientes ni consistentes. Este problema se puede obviar utilizando como variable a explicar la raíz cuadrada del número de accidentes.

**PROF**= Beneficios. Se emplean dos variables de beneficios: RNI o ingresos netos antes de impuestos y ROR o tasa de retorno sobre la inversión.

**DEP**= Número de salidas.

**STAGEL**= Longitud del trayecto. Se obtiene dividiendo las millas voladas entre el número de salidas.

$e_1$ = Término de error.

Los accidentes son claramente una función creciente de la actividad, por ello se incluyen dos medidas de la misma como son DEP y STAGEL. Las salidas se asocian a accidentes que suceden en la fase de despegue o aterrizaje, mientras que la longitud del trayecto resulta relevante para los accidentes que suceden en la etapa de vuelo, como colisiones en medio del aire.

Se presentan hasta ocho estimaciones distintas aplicando mínimos cuadrados ordinarios y mínimos cuadrados en dos etapas. Tal como se esperaba el coeficiente de DEP es siempre positivo y significativo, mientras que el correspondiente a STAGEL presenta cambios de signo y falta de significatividad.

En cuanto al coeficiente de mayor interés, aquel que acompaña a la variable PROF, Golbe encuentra que en ningún caso se puede afirmar que sea estadísticamente distinto de cero, aunque en siete del total de ocho regresiones presenta signo positivo. Por tanto, si existe relación, ésta es positiva.

Para el análisis de la serie temporal y con el objeto de incluir el efecto del ciclo económico se añaden dos nuevas variables a la ecuación de partida. Los resultados fueron similares a los obtenidos previamente.

Golbe concluye que, con las herramientas que aporta la econometría, no podemos asegurar que haya una relación entre seguridad y beneficios. Si existiese, sería débil y

de signo contrario al esperado: las empresas con mayores beneficios tendrían mayor número de accidentes.

Dentro de esta misma línea se encuentran los trabajos de Rose (1989 y 1990). En el primero de los trabajos la autora investiga la relación entre tasas de accidentes y actuación financiera controlando el efecto de ciertas características operativas de los transportistas. El análisis se lleva a cabo a dos niveles mediante la construcción de dos muestras. Una de ellas considera los datos de accidentes agregados para los mayores operadores de la industria estadounidense de servicios regulares en el período 1954-1986. Con la otra se exploran los determinantes de la tasa de accidentes para 26 aerolíneas en el mismo período. Todas eran compañías regulares, aunque operaban en distintos segmentos de mercado.

El estudio encuentra evidencia de correlación negativa entre la condición financiera y la tasa de accidentes a nivel de compañías individuales, aunque no se demuestra su robustez. Los resultados que se obtienen de la estimación con datos agregados resultan consistentes con los obtenidos por Golbe.

La explicación del ratio de accidentes para los transportistas individuales parte de la estimación de la ecuación básica:

$$\ln(TOTACC_{it}/DEPART_{it}) = \beta_0 + \beta_1 TIME_t + \beta_2 AVSTAGE_{it} + \beta_3 EXPER_{it} + \beta_4 OPMARG_{it-1} + \beta_5 DINTL_{it} + \beta_6 ALASKA_{it} + \beta_7 ZERODUM_{it}$$

en la que:

**TOTACC/DEPART** = Accidentes totales dividido por salidas. Puede interpretarse como una medida de la distribución de probabilidad subyacente de accidentes, que se supone es una Poisson.

**TIME** = Permite introducir la disminución en el número de accidentes que se produce debido a mejoras en la tecnología.

**AVSTAGE**= Mide el efecto de la longitud del viaje sobre la tasa de accidentes.

**EXPER**= Recoge la noción de que los niveles de seguridad aumentan por el efecto experiencia.

**OPMAR**= Margen operativo medido como 1- (gastos de la operación/ingresos de la operación).

**DINTL** y **ALASKA**= Capturan el efecto del mayor riesgo asociado a la realización de operaciones fuera de EEUU y en Alaska.

**ZERODUM**= Es un factor de corrección para el tratamiento de años en los que no hay accidentes.

Los subíndices  $i$  y  $t$  se refieren al comportamiento de la compañía  $i$ -ésima en el año  $t$ .

Una vez estimado el modelo, Rose obtiene casi siempre los signos esperados, y para el caso de **OPMARG** obtiene un parámetro  $\beta_4$  con signo negativo, que además es significativo en casi todas las variaciones realizadas. La principal dificultad que afronta la autora es explicar la imprecisión del parámetro, que adopta casi siempre valores absolutos inferiores a la unidad. Esto le hace plantearse la robustez de sus resultados y la necesidad de nuevos estudios al respecto.

Precisamente la debilidad del resultado del primer artículo referido, lleva a Rose a la búsqueda de nueva evidencia, que presenta en el trabajo referido de 1990. En el mismo trata de aumentar la potencia de sus resultados mediante:

- la inclusión de un panel más amplio que incluye ahora 35 transportistas, siendo el período analizado 1957-86,
- se incluyen nuevas variables,
- la aplicación de una técnica de estimación basada en la distribución de probabilidad de Poisson, que permite tratar explícitamente la no normalidad de la distribución de accidentes e incidentes.

De acuerdo con Rose, si asumimos que cada vuelo tiene una determinada probabilidad de sufrir un accidente, el número esperado de accidentes para la empresa  $i$  en el año  $t$ ,  $n_{it}$ , puede modelizarse como una función del ratio (accidentes/miles de salidas),  $\lambda_{it}$ , y el número de salidas en miles,  $D_{it}$ , donde  $\lambda_{it}$  se parametriza como una función exponencial de las características financieras y operativas de la compañía,  $X_{it}$ , es decir:

$$\lambda_{it} = \exp(X_{it}\beta)$$

y el número esperado de accidentes es:

$$E(n_{it}) = D_{it} \cdot \exp(X_{it}\beta)$$

Si los accidentes, y también los incidentes, se distribuyen como variables aleatorias de Poisson cuya media queda recogida por la expresión anterior, entonces los parámetros del modelo pueden estimarse eficiente y consistentemente maximizando el logaritmo de la función de verosimilitud, LL:

$$LL = \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^{T_i} [-\exp(X_{it}\beta)D_{it} + n_{it}X_{it}\beta + n_{it}\ln(D_{it}) - \ln(n_{it}!)]$$

con  $X_{it}\beta$  en el modelo básico igual a:

$$X_{it}\beta = \beta_0 + \beta_1 + \beta_2 OPMARG_{i,t-1} + \beta_3 AVSTGE_{it} + \beta_4 EXPER_{it} + \beta_5 INTL_{it} + \beta_6 ALASKA_i$$

y una vez se sustituye esta última expresión en la anterior, se pueden obtener los estimadores de máxima verosimilitud.

Se espera que EXPER y OPMAR estén correlacionados negativamente con el ratio de accidentes; el resto de las variables deberían mostrar signo positivo en sus parámetros.

Las variaciones del modelo básico incluyen la sustitución del efecto fijo temporal por la variable TIME, y la introducción de efectos fijos individuales.

Finalmente, los coeficientes tienen los signos esperados y en su mayoría resultan estadísticamente distintos de cero. Persiste el signo negativo en la estimación del parámetro de OPMARG, aunque el resultado más significativo se obtiene en el modelo con efectos fijos por transportistas. Este resultado proporciona evidencia en contra de la creencia de que la relación entre beneficios y seguridad se debe a que, o bien las líneas aéreas están dirigidas por personas que son "buenas" tanto en la obtención de beneficios como en el mantenimiento de la seguridad, o que son "malas" en ambas actividades.

Rose comprueba también si el vínculo beneficios-seguridad se altera para distintos grupos de operadores. El resultado parece ser más pronunciado para los transportistas menores,<sup>34</sup> aunque no puede rechazar la hipótesis de igualdad entre los operadores al 10% de confianza. Sin embargo, cuando la variable a explicar es incidentes en lugar de accidentes, y se modeliza aplicando efectos fijos temporales e individuales, los resultados son los esperados.<sup>35</sup> El parámetro que acompaña a la variable OPMARG es negativo, lo cual corroboraría el resultado obtenido para la tasa de accidentes. Este resultado es particularmente pronunciado para los transportistas menores, lo cual puede estar reflejando un mayor grado de libertad en la elección del nivel de inversión en seguridad. Frente a esto, los transportistas mayores estarían sometidos a un mayor escrutinio por parte de la autoridad de aviación civil estadounidense.

Finalmente Phillips y Talley (1992) afirman que el vínculo entre beneficios y seguridad requiere de un análisis de los determinantes de la gravedad del suceso. Si se admite que las empresas con dificultades financieras reducen su inversión en seguridad, es necesario analizar en qué medida las distintas partidas objeto de la inversión determinan el grado

---

<sup>34</sup> El tamaño se asocia a la media de salidas anuales en el período considerado.

<sup>35</sup> Ahora la muestra varía, se incluyen 26 líneas aéreas durante el período 1981-86.

de seguridad con que operan. En concreto estos autores miden la gravedad del evento, accidente o incidente, por los daños sufridos por la aeronave.<sup>36</sup> Esta es la variable a explicar que se supone función de las inversiones de la línea aérea en seguridad y del conjunto de condiciones operativas. Los autores haciendo uso de un modelo probit concluyen que inversiones en seguridad como la contratación de pilotos más experimentados y la adquisición de equipos de seguridad para la aeronave, reducen significativamente la gravedad del evento. Condiciones de vuelo visual en lugar de vuelo por instrumentos, volar con transportistas principales en lugar de regionales y una reducción en el grado de utilización de los pilotos, son condiciones operativas que también se espera que reduzcan la gravedad del suceso. Contrariamente, la compra de aviones nuevos y mayores, así como el aumento en la frecuencia de inspecciones mecánicas y de seguridad, son ejemplos de inversiones en seguridad con escaso efecto sobre la misma.

---

<sup>36</sup> La gravedad se mide mediante una variable categórica que toma valores que van de uno a cuatro cuanto mayor es la gravedad de los daños.

**Cuadro 3.1. El efecto de los beneficios actuales sobre el número de accidentes futuros.**

<i>Autor: Golbe</i>	<i>Autor: Rose</i>	<i>Autor: Rose</i>
<i>Año: 1986</i>	<i>Año: 1989</i>	<i>Año: 1990</i>
<i>Muestras:</i> (i) Datos del mercado interior para 11 líneas aéreas estadounidenses en el período 1963-70. (ii) Datos del mercado interior para el total de la industria estadounidense durante el período 1952-72.	<i>Muestras:</i> (i) Los mayores operadores estadounidenses de servicios regulares en el período 1954-86. (ii) Sólo 26 compañías regulares en el mismo período que operaban en distintos segmentos de mercado.	<i>Muestra:</i> Panel de 35 transportistas durante 1957-86.
<i>Variable a explicar:</i> Raíz cuadrada del número de accidentes.	<i>Variable a explicar:</i> Logaritmo de la tasa de accidentes en relación al número de salidas.	<i>Variable a explicar:</i> Tasa de accidentes en relación al número de salidas.
<i>Forma que adoptan los beneficios:</i> (i) Ingresos netos antes de impuestos. (ii) Tasa de retorno sobre la inversión.	<i>Forma que adoptan los beneficios:</i> Margen operativo.	<i>Forma que adoptan los beneficios:</i> Margen operativo.
<i>Procedimiento de estimación:</i> Mínimos cuadrados ordinarios y mínimos cuadrados en dos etapas.	<i>Procedimiento de estimación:</i> Mínimos cuadrados ordinarios.	<i>Procedimiento de estimación:</i> Máxima verosimilitud supuesto que los accidentes se distribuyen como variable de Poisson.
<i>Resultados:</i> No hay relación significativa entre los beneficios y el número de accidentes, aunque si la hubiese sería de naturaleza positiva.	<i>Resultados:</i> Consistentes con los de Golbe (1986) para la muestra agregada. Evidencia de correlación negativa aunque no robusta a nivel de compañías individuales.	<i>Resultados:</i> Evidencia de correlación negativa. Las empresas que experimentan menos accidentes serían las que obtienen un mayor margen de la operación. El resultado es más significativo para los operadores menores.

### 3.3. Seguridad actual y beneficios futuros

¿Tiene el mercado poder y capacidad suficiente para penalizar a la línea aérea que sufre un accidente?. Esta es la base que sustenta otra aproximación de la literatura sobre seguridad en transporte aéreo. Se trata de analizar la restricción que el mercado impone sobre la decisión de inversión en seguridad que hacen las compañías. Ciertamente los transportistas aéreos están obligados a contratar seguros para la cobertura de daños materiales e indemnizaciones por responsabilidad civil, sin embargo ninguna compañía aseguradora "sensata" les ofrecería un contrato por el que quedarán cubiertas las pérdidas consecuentes de demanda. Esta disminución de la demanda constituye el modo fundamental en que el mercado disciplina a la líneas aéreas de riesgo, que en el peor de los casos puede provocar su salida de la industria.<sup>37</sup>

La mayoría de los estudios no acuden a medidas directas de demanda, sino que se concentran en una variable que permite aproximar los beneficios futuros como es el valor de mercado de sus acciones. La justificación es que, en mercados financieros eficientes, el precio de las acciones reflejaría la valoración que los inversores hacen del flujo futuro de beneficios. Cualquier nueva información que altere este flujo, sería incorporada inmediatamente al valor de la acción. Dentro de esta categoría de estudios están los trabajos de Chance y Ferris (1987), Borenstein y Zimmerman (1988) y Mitchell y Maloney (1989).

En Chance y Ferris (1987) se examina el efecto en términos financieros que un desastre aéreo tiene sobre la línea aérea afectada y el fabricante del avión involucrado. Una primera parte del estudio considera el valor de las acciones del transportista, que se espera reaccione negativamente, aunque se desconoce la cuantía y la velocidad de la reacción. Luego se considera la respuesta del valor de las acciones del resto de las compañías. Si ésta es significativa y negativa, los pasajeros observarían los desastres

---

<sup>37</sup> Si una compañía aérea sufre un accidente también verá aumentar el coste de los seguros.

aéreos como un problema global de la industria, y no como sucesos aislados. Un examen similar se repite a nivel de la industria aeronáutica.

Chance y Ferris parten de la consideración de los cambios en el rendimiento medio de las acciones en torno al día del evento. El retorno diario se define como:

$$R_t = \frac{(P_t - P_{t-1} + D_t)}{P_{t-1}}$$

donde  $R_t$  es el rendimiento o retorno a lo largo del período que finaliza en  $t$ ,  $P_t$  es el precio en el momento  $t$ ,  $P_{t-1}$  es el precio en el momento anterior (el día previo), y  $D_t$  es el dividendo pagado durante este intervalo de tiempo.

Si se produce un accidente podemos esperar que  $R_t$  reaccione significativamente, siendo una parte retorno *normal* o esperado y otra retorno *anormal* o inesperado. El retorno normal es la tasa de retorno esperada de equilibrio  $E(R_t)$  según describe un *modelo de determinación de precios de los activos de capital (CAPM)*. Consecuentemente el retorno inesperado  $U_t$  será:

$$U_t = R_t - E(R_t)$$

El período de análisis comienza 20 días laborables antes del accidente y se extiende otros tantos días. La muestra utilizada incluye 49 accidentes.

Para estudiar la reacción a nivel de transportistas afectados, se procede a computar el retorno inesperado medio y los correspondientes estadísticos  $t$  para cada día del período de análisis. La reacción es significativa en el día en que se produce el suceso,<sup>38</sup> e implica una pérdida de riqueza para los accionistas del 1.2%, sin embargo no se observan nuevos

---

<sup>38</sup> No es estrictamente el día del accidente sino el día en que se espera que el mercado reaccione.

cambios en fechas posteriores. Cuando se calcula el retorno medio acumulado los autores obtienen que los precios en el mercado tardan en volver a sus niveles originales. La reacción es por tanto inmediata y no se repite, aunque se mantiene en el tiempo. También detectan cierta correlación negativa entre el número de víctimas mortales y el rendimiento inesperado.

El análisis del retorno medio inesperado de las empresas no involucradas en accidentes, ofrece resultados no significativos. Finalmente, los resultados para la industria productora de aeronaves indican que el valor de sus acciones no reacciona ante un desastre aéreo.

Aparentemente los accidentes aéreos son considerados por el mercado como sucesos aislados que afectan únicamente a la línea aérea que lo sufre, que observa una disminución en el valor de sus acciones el día después del accidente. Chance y Ferris concluyen que “el mercado de activos no percibe que la industria tenga un problema”.

Borenstein y Zimmerman (1988) continúan en la misma línea de investigación. Así estiman también el efecto de los accidentes sobre el valor de las acciones como una medida del coste en el que incurren los transportistas. La muestra incluye 74 accidentes que sufrieron compañías registradas en EEUU entre los años 1962-85.

Al igual que en el estudio anterior distinguen entre rendimiento normal y anormal, utilizando dos medidas de significación. La primera es el mismo estadístico *t* que emplearan los autores anteriores, la segunda es un estadístico *z* que agrega los *t* individuales y los divide por el número de observaciones.<sup>39</sup> Para el total de los accidentes obtienen una pérdida de valor en las acciones durante el primer día de mercado de 0.94%; si se excluyen de la muestra los accidentes en vuelos sólo con tripulación la pérdida asciende a 1.29% o a un porcentaje acumulado de 1.48% después de dos días,

---

<sup>39</sup> De este modo se reduce el ruido que introducen aquellas compañías con mayor variabilidad en los beneficios.

ó 9.97 millones de dólares. Los resultados se muestran en línea con los del estudio de Chance y Ferris citado; igualmente la información parece ser, en su mayoría, absorbida por el mercado en el primer día de intercambio.

Borenstein y Zimmerman señalan que ésta pérdida media de valor parece relativamente pequeña en relación al coste social de los accidentes. En su muestra los accidentes implican una pérdida media de 40 vidas humanas, y en la mayoría de los casos aviones con un coste superior a los 10 millones de dólares quedan totalmente destruidos.<sup>40</sup>

Una de las novedades del trabajo de estos autores es la inclusión del efecto sobre la demanda. La muestra se refiere al intervalo 1960-1985 y se incluyen todos los operadores aéreos estadounidenses, excepto aéreo-taxis y compañías regionales. Proceden en cuatro etapas:

1. Estiman una función de demanda para cada empresa y período de tiempo. Ello les permite obtener los parámetros  $\delta_{jlk}$ , que se interpretan como el logaritmo del error de predicción de la regresión, para la demanda  $k$  meses después del accidente  $l$  experimentado por la compañía  $j$  durante el período de tiempo.
2. Los coeficientes  $\delta_{jlk}$  se regresan contra un conjunto de variables que explican la magnitud del efecto sobre la demanda para cada mes  $k$  después del accidente. Esto permite obtener un valor ajustado de los  $\delta_{jlk}$ .
3. El valor ajustado de los  $\delta_{jlk}$  junto con la cantidad vendida actualmente se aplican para obtener la cantidad que el modelo habría predicho en ausencia de accidente. Por diferencia entre el valor actual y la predicción se llega a una estimación de la pérdida de tráfico en que se incurre debido al accidente. Multiplicando la disminución de tráfico por el ingreso medio se obtiene finalmente la pérdida de ingresos estimada.

---

<sup>40</sup> Dólares constantes de 1985.

4. La pérdida estimada de ingresos se utiliza como variable independiente en una regresión que explica el cambio en el valor de mercado de las acciones de la línea aérea.

Para el período pre-desregulación la demanda no parece reaccionar ante el suceso accidente. Después de la misma el mercado estadounidense de transporte aéreo aumenta su grado de respuesta; no obstante, comentan los autores, el resultado debe analizarse con cuidado ya que la muestra de accidentes es muy pequeña y no permite extraer resultados definitivos.<sup>41</sup> A pesar de ello, las pérdidas de demanda serían consistentes con la incorporación de un entorno más competitivo, en el que los consumidores disponen de un amplio surtido de líneas aéreas, entre las que existiría un efecto sustitución. En su trabajo, Borenstein y Zimmerman no encuentran evidencia de dicho efecto, que en su opinión necesitaría de un estudio desagregado a nivel de rutas.

Por último los autores puntualizan que sus resultados quedan condicionados por el nivel de control que ejerce la Autoridad de Aviación Civil estadounidense (FAA). La respuesta del mercado aumentaría si el ratio de accidentes se deteriorase de forma substancial.

En Mitchell y Maloney (1989) se critican las conclusiones de Borenstein y Zimmerman (1988) referidas a los cambios observados en la demanda. En su opinión la aproximación de estos autores es incorrecta; cuando una línea aérea sufre una pérdida de reputación lo relevante es plantearse lo que sucederá con los precios y no con las cantidades. Si un transportista ofrece menor calidad, bajará sus precios. En estas condiciones no se puede derivar nada del cambio, o no cambio en la cantidad.

A pesar de esta crítica sobre la respuesta de la demanda en términos de tráfico, aplican la misma metodología para calcular la variación en el valor de las acciones. La novedad importante que introducen es la distinción del origen de los accidentes. De acuerdo con

---

<sup>41</sup> Después de la desregulación se producen 13 accidentes.

estos autores, los accidentes son causados por una variedad de factores que incluyen error del piloto, mantenimiento impropio, error de construcción, error del control aéreo y condiciones atmosféricas peligrosas. Teóricamente aquellos accidentes debidos a error del piloto o de mantenimiento son los que hacen que los consumidores revisen sus expectativas en cuanto a la probabilidad de futuros accidentes. Accidentes por causas ajenas al control del transportista se juzgarían como situaciones de "mala suerte". Ambos tipos de sucesos tendrían un efecto sobre el valor de las acciones. Si la compañía no es culpable no habrá una respuesta significativa por parte de los consumidores y el cambio en la cotización de las acciones sólo reflejaría el aumento del coste de los seguros. Cuando el transportista ha sido negligente los consumidores revisan sus expectativas y su reacción se suma al efecto de un mayor coste de seguros en el nuevo (menor) valor de mercado de la empresa.

Para examinar esta teoría emplean una muestra de 56 accidentes de compañías estadounidenses en el período 1964-87, de los que 34 se debían a error del piloto y el resto a errores en la construcción del avión y otros. Para los errores del piloto encuentran una respuesta significativa y adversa en el mercado de activos. El retorno anormal negativo es de 1.63% el primer día de cotizaciones y se acumula a lo largo de los cinco días sucesivos hasta un 2.5%. Para el caso en que la línea aérea no es culpable, los resultados son insignificantes. Si esto es así, se plantean los autores, ¿qué parte de la pérdida de valor cuando la línea aérea es la culpable se debe a una disminución del "nombre de marca" de la compañía o pérdida de reputación, y qué puede atribuirse al incremento esperado del coste de los seguros?.

Los datos sugieren un incremento de las primas en años posteriores al accidente, aunque el recargo es pequeño y estadísticamente no significativo después del tercer año. Esto explica entre un tercio y la mitad de la pérdida registrada del valor de las acciones cuando el transportista es culpable. El resto puede asignarse a una reacción adversa por parte de los pasajeros.

La conclusión de estos autores es que el mercado es bastante eficiente en la penalización de las líneas aéreas culpables, y en consecuencia la necesidad de incrementar la regulación en materia de seguridad no es aparente.

También dentro de la categoría de artículos que estudian la respuesta del mercado ante la producción de accidentes aéreos, encontramos ciertos estudios que centran su atención en el efecto sobre el valor de mercado de la empresa productora de aviones. En esta ocasión se trataría de probar si el mercado también penaliza a otros culpables cuando la línea aérea no ha sido la negligente.

Algunos de los estudios más destacados son los de Chalk (1983 y 1987). Este investigador aplica asimismo la hipótesis de los mercados eficientes de capitales. En el trabajo más actual, aunque similar al de 1983, la muestra incluye 76 accidentes de compañías estadounidenses que afectaban a aviones Boeing (32 accidentes), McDonnell Douglas (34 accidentes) y Lockheed (10 accidentes). Para depurar aquellos accidentes con origen en la "máquina" el autor acude al reportaje periodístico respectivo y aísla 23 accidentes no atribuibles al estado del tiempo, al control del tráfico aéreo u otros elementos no relacionados con la aeronave. Por último de éstos, 19 implicaban aviones que continuaban produciéndose. Estos 19 representan finalmente el grupo "sospechoso". El resto representa el grupo de control.<sup>42</sup>

Chalk reporta una pérdida acumulada promedio en la cotización de las acciones de un 3.8% para el grupo "sospechoso" en los cuatro días posteriores al accidente. Ello se traduce, si lo multiplicamos por el valor de las acciones de cada compañía el día anterior al accidente, en unos 21 millones de dólares. Cuando la especificación del modelo introduce la distinción por tipos de aeronave, los resultados indican que no hay respuesta significativa para accidentes que afectan a aviones de Boeing o Lockheed; sin embargo el impacto es negativo y significativo para los accidentes con aviones de la McDonnell

---

<sup>42</sup> Menos los 4 casos de aeronaves que ya no se fabricaban.

Douglas. Además no se registran efectos cruzados entre productores. En contraposición, aquellos accidentes que no implican al productor de la aeronave no son considerados por el mercado. Tampoco se detecta un efecto negativo para el grupo bajo sospecha de productores de aviones que han dejado de elaborarse.

La respuesta significativa que obtiene Chalk para el caso de la McDonnell Douglas puede estar sesgada, como indica Rose (1992) por la disminución masiva asociada a uno de los peores accidentes de la aviación doméstica estadounidense: la de un DC-10 de American Airlines el 25 de mayo de 1979 en Chicago.

En el trabajo de 1983, Chalk examina con detenimiento el caso especial del DC-10 de McDonnell Douglas. Se trata efectivamente de un accidente con matices especiales, ya que no sólo fue uno de los peores accidentes con mayor cobertura por parte de la prensa, sino que provocó la, sin precedente, prohibición de volar para todos los aviones de este tipo. El autor se plantea el efecto del mismo sobre la actitud de los consumidores hacia la aeronave. La metodología empleada es nuevamente la de mercados de capitales eficientes.

Los resultados recogen un impacto negativo inicial de dimensiones importantes para los accionistas de McDonnell Douglas. Posteriormente se reconoce que no se trataba de un fallo de la aeronave sino de su mantenimiento, lo que produce cierta recuperación en la cotización, aunque de carácter parcial. Incluso una vez derogada la puesta en tierra de las aeronaves, los accionistas sufrían una pérdida relativa de entre un 18% y un 20%, que representa una disminución del capital de 200 millones de dólares.

Chalk concluye que esto debe arrojar luz para que los reguladores dirijan sus esfuerzos y recursos a corregir aquellos aspectos que el mercado no controla adecuadamente, y no hacia aquellas actividades donde éste demuestra ser más eficiente que la agencia de regulación.

**Cuadro 3.2. La seguridad actual y los beneficios futuros.**

<i>Autor:</i> Chalk	<i>Autores:</i> Chance y Ferris	<i>Autores:</i> Borenstein y Zimmerman	<i>Autores:</i> Mitchell y Maloney
<i>Año:</i> 1987	<i>Año:</i> 1987	<i>Año:</i> 1988	<i>Año:</i> 1989
<i>Muestra:</i> 76 accidentes experimentados por líneas aéreas estadounidenses que afectaban a Boeing, McDonnell Douglas y Lockheed durante el período 1966-81.	<i>Muestra:</i> 49 accidentes experimentados por líneas aéreas estadounidenses en el período 1962-85.	<i>Muestra:</i> 74 accidentes experimentados por líneas aéreas estadounidenses en el período 1962-85.	<i>Muestra:</i> 56 accidentes (34 debido a errores del piloto y 22 por otras causas) experimentados por líneas aéreas estadounidenses durante el período 1964-87.
<i>Variables observadas:</i> Retorno medio de las acciones para los anteriores productores de aeronaves.	<i>Variables observadas:</i> Retorno medio esperado e inesperado de las acciones de las líneas aéreas involucradas y no involucradas. El análisis se extiende también al fabricante de la aeronave afectada.	<i>Variables observadas:</i> (i) Retorno medio esperado e inesperado de las acciones de las líneas aéreas involucradas. (ii) Demanda.	<i>Variables observadas:</i> (i) Retorno medio esperado e inesperado de las acciones de las líneas aéreas involucradas.
<i>Resultados:</i> (i) No hay respuesta significativa para Boeing y Lockheed. El efecto sí es significativo para los aviones de McDonnell Douglas debido al caso especial de los DC-10. (ii) No se registran efectos cruzados entre productores.	<i>Resultados:</i> (i) Para los transportistas afectados la reacción es significativa, se produce inmediatamente después del suceso, aunque no se repite y se mantiene en el tiempo. (ii) No se registra reacción alguna en las acciones del resto de las compañías aéreas ni en las del productor del avión.	<i>Resultados:</i> (i) Para el rendimiento de las acciones los resultados están en línea con los de Chance y Ferris (1987). (ii) La demanda no reacciona en el período pre-desregulación. Sí se detecta reacción adversa en la etapa de desregulación, aunque el resultado no es robusto.	<i>Resultados:</i> (i) Cuando se trata de errores del piloto la respuesta del mercado es adversa y significativa. No hay respuesta cuando se trata de otras causas. (ii) La caída en el valor de las acciones se debe al aumento en las primas de seguros, lo que explicaría entre 1/3 y 1/2 de la caída. El resto se debería a una pérdida de reputación.

### 3.4. Desregulación y cambios en la seguridad

¿Llevan razón los detractores del proceso desregulador cuando sostienen que la presión competitiva hará que las empresas reduzcan costes mediante el recorte de la inversión en seguridad?. Este argumento se sustenta sobre dos pilares: a) la mayor competencia hará caer los beneficios y b) existencia de un vínculo entre beneficios y seguridad, que es además de naturaleza positiva.

De acuerdo con Winston (1993), y para la experiencia estadounidense, la industria habría experimentado un incremento sustancial en el volumen de beneficios como resultado del proceso desregulador. Este resultado parece cuanto menos algo extraño si consideramos las dificultades financieras que afectan frecuentemente al sector. No obstante éstas se deberían al efecto perverso de factores externos como el precio del combustible o el comportamiento del ciclo económico, y no a la desregulación en sí, por lo que la industria de transporte aéreo habría sufrido unas pérdidas mucho mayores en condiciones de regulación económica más estrictas. Por tanto, y de acuerdo con este autor, la primera predicción resultaría falsa. La evidencia analizada sí parece respaldar el segundo de los supuestos, aunque es cierto que podemos encontrar toda una gama de resultados, incluso los que soportan la existencia de una correlación con signo negativo.

Sin embargo, y aunque admitiésemos como ciertas las hipótesis a) y b) mencionadas, el argumento no incorpora el efecto reputación que, de acuerdo con la evidencia disponible que acabamos de analizar, parece ser lo suficientemente poderoso como para imponer penalizaciones a las compañías aéreas y productoras de aeronaves negligentes.

Además del cambio en la estructura de mercado, el proceso desregulador también ha introducido otros desarrollos en el mercado que condicionan los nuevos niveles de seguridad. En concreto:

1. *Sustitución de aviones a reacción por otros de turbohélice en rutas regionales.* Oster y Zorn (1989) indican para el caso estadounidense que, en la etapa de plena regulación, muchas de las rutas de menor densidad eran operadas con aviones a reacción que enlazaban varias comunidades en últimas horas de la tarde, siendo el principal incentivo la obtención del subsidio correspondiente. Con la llegada de la desregulación la operación de tales aeronaves se hace mucho más rentable en otros segmentos de mercado, y se abre la posibilidad de servir las rutas regionales de un modo más eficiente mediante la introducción de aviones adecuados a las rutas. Surgen así muchas compañías regionales dispuestas a llevar a cabo estos servicios rechazados por los "grandes" operadores. Sin embargo esta transferencia se asocia a un incremento en el riesgo de accidente, cuando se aproxima por el ratio (víctimas mortales/pasajeros milla), de hasta 30 veces. Los autores mencionados señalan que la comparación entre distintos tipos de operadores ha de ser cuidadosa, y desde luego no estar referida a una medida de exposición basada en la distancia. Indican que las medidas basadas en ésta o en las horas voladas presentan un sesgo en contra de los operadores regionales, caracterizados por volar rutas cortas y de baja densidad. El sesgo se invierte cuando la comparación se basa en el número de salidas. Consideran que una medida mucho más adecuada para la comparación sería el número de salidas de pasajeros.<sup>43</sup>

Oster y Zorn efectivamente comparan las tasas de víctimas mortales por cada millón de salidas de pasajeros. Las diferencias se reducen pero siguen existiendo. La posibilidad de sufrir un accidente mortal cuando se viaja con una compañía regional es cuatro veces mayor en el período 1970-85, reduciéndose a tres veces en la etapa post-desregulación 1979-85. Sin embargo, no puede concluirse que se haya producido una importante degradación en el nivel de seguridad en las rutas regionales como consecuencia de la sustitución en el tipo de aeronave; debe considerarse que los llamados operadores regionales distan mucho de ser un grupo homogéneo. Existiría una correlación positiva entre tamaño y seguridad, de hecho los 20 mayores operadores regionales eran también

---

<sup>43</sup> Véase el capítulo 2.

los más seguros, con una tasa que empeora cuanto menores sean las compañías.<sup>44</sup> Pero más importante aún, y generalmente no considerado, es el incremento en la calidad del servicio tras la sustitución. Ahora las compañías pequeñas ofrecen mayores y mejores frecuencias, además de un menor número de escalas que se reducen a la mitad. Ambos efectos deben complementar la comparación de medidas agregadas.

Finalmente Oster y Zorn concluyen que aunque es cierto que la industria regional cuenta con un nivel de seguridad que es inferior al de las compañías que operaban las rutas regionales con anterioridad, hay tres factores que sugieren que tal reducción no ha sido substancial: i) Los operadores regionales mayores cuentan con un récord de seguridad similar al de otros operadores en la etapa anterior a la desregulación, y son estos transportistas regionales los que han asumido la gran parte de la sustitución; ii) El número de escalas es ahora menor, reduciendo el mayor riesgo de accidente asociado a las fases de despegue y aterrizaje; iii) Muchos de los pasajeros que vuelan con estas compañías han sido transferidos desde el modo de transporte por carretera, con lo que quedarían ahora sometidos a un menor riesgo de accidente.

Phillips y Talley (1993) profundizan en este tipo de análisis mediante el estudio de los determinantes de la probabilidad de que un determinado accidente y/o incidente, habiendo ocurrido, afecte a un transportista regional en lugar de a un principal. Estos autores hacen una estimación tipo probit y encuentran cuatro factores altamente significativos en la explicación de dicha probabilidad. En concreto cuanto más horas de vuelo (experiencia) hayan realizado los pilotos menor será la probabilidad, mientras que cuanto mayor sea la utilización de los mismos (en número de aterrizajes realizados durante los últimos 90 días), la probabilidad aumenta. El número de motores por avión y el tipo de los mismos también determinan tal probabilidad. Aeronaves con un motor o dos, y con motores de pistones en lugar de turbinas incrementan la probabilidad de que sea un transportista regional el que se vea involucrado en el accidente.

---

<sup>44</sup> El tamaño se mide en función del número de salidas de pasajeros.

Consecuentemente, incrementar el grado de experiencia que se requiere para obtener una licencia de piloto regional, limitar el número de aterrizajes que éstos pueden realizar durante un período determinado de tiempo, requerir el uso de aeronaves multimotor, preferiblemente de turbinas (jet), son posibles líneas de actuación si se desea mejorar el nivel de seguridad con que operan los transportistas regionales. No obstante, afirman los autores, se trata de requerimientos que entran en conflicto con la economía básica y la estructura de servicios de los transportistas regionales.

2. *Desarrollo de sistemas centro-radiales de rutas*. Estos sistemas se caracterizan porque distintos vuelos convergen aproximadamente al mismo tiempo en el aeropuerto centro o *hub*, y con un margen suficiente, los pasajeros se dirigen a las rutas radiales o *spoke* para conectar con el vuelo de su interés. Tal convergencia permite incrementar la densidad en las rutas, con lo que el servicio se abarata en relación a la operación de rutas que no pasan por el *hub*. La presión que tales sistemas imponen sobre la seguridad del transporte aéreo dependerá de los elementos siguientes:

- a) El impacto neto sobre el número de despegues y aterrizajes. Se trata de un efecto que puede ser distinto para cada sistema centro-radial en particular, ya que los pasajeros que viajen desde o hacia el *hub* observarán una reducción de los mismos; al contrario sucederá con los pasajeros que deseen enlazar destinos en los extremos de los radios. Borenstein (1992) indica, para la experiencia estadounidense, que en vuelos que sobrepasan las 1500 millas se ha producido un incremento en el porcentaje de viajes que implican cambio de aeronave desde un 42% en 1978 hasta un 52% en 1990. En vuelos en el rango de 500-1500 millas el incremento ha ido desde un 33% a un 38%. En rutas de menor distancia y de acuerdo con Gordon (1992), parece que se ha producido un fenómeno similar.
- b) El incremento de la congestión del espacio aéreo sobre el *hub* y la consecuente mayor tensión que soportan los controladores aéreos en su trabajo.

c) La presión a que quedan sometidos los transportistas, que saben que la eficiencia del servicio prestado depende de la fiabilidad de las conexiones. Esta fuerza puede conducir a un relajamiento en la adopción de medidas preventivas.

3. *Entrada de nuevos competidores que pueden haber degradado el nivel de seguridad en la industria.* Uno de los estudios más interesantes al respecto es el realizado por Kanafani y Keeler (1989) donde se presentan dos explicaciones opuestas. La primera mantiene que las compañías aéreas nuevas por tener menor experiencia serán también las más inseguras; contrariamente, otros apuntan a que estos transportistas "novatos" se juegan mucho en sus actuaciones, y el impacto que un accidente tiene sobre los mismos es mucho más grave que para una línea aérea establecida; el efecto reputación se muestra en estos casos de vital importancia. La metodología aplicada por Kanafani y Keeler está orientada a detectar diferencias en los niveles de seguridad entre empresas establecidas y nuevos entrantes. La muestra utilizada comprende 22 líneas aéreas en el período 1971-85. Para los entrantes el período comienza en el primer año de operaciones, que se encuentra en el intervalo 1979-1981. Considerando que los accidentes aéreos con consecuencias graves son sucesos raros, los autores se concentran en las diferencias existentes en los gastos de mantenimiento, los resultados de las inspecciones de la Aviación Civil estadounidense (FAA), las colisiones en el aire evitadas y los datos de accidentes e incidentes. La primera ecuación estimada es:

$$MAINTEX_{it} = a_1 + a_2 D_{1972} + \dots + a_{15} D_{1985} + bNEWENT + cBCDUM + eFLTHRS$$

donde:

$MAINTEX_{it}$  = Gastos de mantenimiento para la empresa  $i$  en el momento  $t$ . Aplican tres medidas alternativas: gasto total en mantenimiento de todo tipo, gasto de mantenimiento relacionado con el equipo de vuelo y mantenimiento directo de la aeronave.

$a_1$  = Mide el valor inicial del gasto en 1971.

$D_{1972}$  a  $D_{1985}$  = Variables dummy temporales. Recogen el cambio en el gasto para cada año posterior a 1971.

**NEWENT**= Variable dummy que adopta valor uno cuando el transportista es un nuevo entrante.

**BCDUM**= Variable dummy que recoge un tratamiento especial para las compañías Braniff y Continental.

**FLTHRS**= Horas voladas anuales. Es una medida que aproxima el tamaño de la línea aérea.

Los resultados muestran que los nuevos entrantes no gastan menos, en proporción al total de gastos, que las empresas establecidas; incluso gastan más en mantenimiento del equipo de vuelo. La explicación se encontraría en el hecho de que los nuevos entrantes operan con aeronaves de mayor edad, que requieren un servicio más frecuente que además es llevado a cabo por las empresas establecidas, típicamente a un alto coste. La explicación también se encuentra en los menores costes generales que observan las empresas recién llegadas a la industria.

Cuando los autores analizan los resultados de las inspecciones de la FAA, regresan el porcentaje de inspecciones satisfactorias contra un conjunto de variables similar a las citadas en la ecuación anterior, aunque no se incluyen dummies temporales. Tampoco ahora el coeficiente de la variable dicotómica **NEWENT** permite inferir que existan diferencias entre ambos tipos de transportistas.

La ecuación es parecida para las otras dos variables que aproximan el nivel de seguridad. No se detectan tampoco diferencias en el caso de colisiones en el aire evitadas, aunque se reconoce que se trata de una variable poco adecuada ya que estos sucesos se comunican voluntariamente, y en su mayoría por la parte no culpable del suceso. Finalmente estudian el comportamiento del ratio resultante de dividir el número de accidentes e incidentes entre las salidas.<sup>45</sup> Las diferencias tampoco son significativas.

---

<sup>45</sup> La variable a explicar es la raíz cuadrada de tal ratio, de acuerdo con Golbe(1986).

Kanafani y Keeler concluyen que si la seguridad del modo del transporte aéreo ha variado después de la desregulación, el origen del cambio no se encuentra en la entrada de nuevas empresas, sino en algún otro factor.

En Rose (1992) también se llega a la misma conclusión, indicando que la actuación en términos de seguridad para la mayoría de las medidas que la aproximan, es similar para los transportistas establecidos y los recién llegados. Sin embargo existiría una única excepción para la tasa de accidentes fatales. Cuando el número de accidentes fatales se divide por el número de salidas en millones, los entrantes aparecen ciertamente perjudicados. Rose reporta, siguiendo a Oster y Zorn (1989), un 0.9% para los entrantes frente a un 0.22% para las empresas establecidas. Tal contradicción quedaría explicada por la heterogeneidad de los nuevos operadores, que en su mayoría no sufren accidentes, pero con unos pocos situados en el extremo opuesto y haciendo subir extremadamente el ratio.

No existen estudios que permitan aclarar algo más al respecto, aunque en Rose (1990) se registra un importante efecto experiencia para el caso de accidentes fatales e incidentes, lo cual sería consistente con la mayor habilidad de los transportistas establecidos para aminorar la severidad de los accidentes.

*4. Una parte substancial de la demanda de transporte de pasajeros por carretera se ha trasladado a la industria de transporte aéreo. Si se parte de que el modo aéreo es más seguro que el terrestre el resultado será de una disminución del riesgo total asociado al sistema de transporte global. Rose (1992) presenta una estimación a la baja de vidas salvadas de entre 90 y 140 por año.*

Pero, ¿de qué hablan los datos agregados de accidentes en relación al antes y el después de la desregulación?, ¿cuál es el efecto final de la conjugación de fuerzas mencionada?.

Casi todos los estudios se refieren al mercado estadounidense, pionero en la introducción de la desregulación y con casi 20 años de experiencia. Por ejemplo, Jordan (1989) realiza un estudio de carácter descriptivo en el que se observan los datos de víctimas mortales ocurridas en accidentes de la industria estadounidense y se comparan con los de la canadiense, por entonces todavía sometida a regulación. Jordan recoge una tendencia secular decreciente en ambos mercados. Después de considerar las diferencias entre los volúmenes de tráfico de ambos países y otros factores diferenciadores, la mejora en los niveles de seguridad de las compañías regulares estadounidenses y la de las empresas registradas en Canadá, fue esencialmente la misma. La desregulación no parecía haber afectado a la seguridad.

Kanafani y Keeler (1990) analizan la evolución de la variable víctimas mortales haciendo uso de una serie temporal mensual que va desde 1966 hasta 1989. La muestra agrupa a transportistas estadounidenses tanto principales como regionales. El modelo estimado es el siguiente:

$$DPM = \exp(a_1 + a_2 T + a_3 T \cdot D) + u$$

donde:

DPM = Tasa de víctimas mortales por pasajeros-milla.

T = Tendencia temporal.

D = Variable dummy que capta el efecto de la desregulación.

u = Término de error.

Se elige el modelo exponencial para prevenir que el valor estimado de la variable DPM pueda ser negativo. El método de estimación utilizado es el de mínimos cuadrados generalizados y los resultados obtenidos indican que la desregulación no ha alterado la tendencia de la industria a mejorar el nivel de seguridad con que opera, aunque se admite la posibilidad de que para captar este efecto se requiera de un período más largo.

Rose (1992) examina los ratios de accidentes totales y fatales por cada millón de salidas y observa una tendencia a la baja, que se extiende después de la desregulación y hasta 1990, año en que finaliza su muestra. Señala, sin embargo, que debemos considerar los datos con precaución ya que los ratios entre 1987-1990 yacen por encima de la tendencia. Existe la posibilidad de que el efecto de la desregulación se dilate en el tiempo a través de mecanismos como la reducción del mantenimiento o el incremento en la edad de los aviones. Se hace necesario un período algo más largo para obtener conclusiones robustas.

Foreman (1993) continúa en la misma línea de trabajo que los autores anteriores, aunque realiza una estimación ARIMA para series temporales. Las variables analizadas son: víctimas mortales, accidentes fatales y accidentes; la muestra es de nuevo la industria estadounidense de transporte regular en el período 1929-1990. La técnica ARIMA aplicada permite que el efecto de la desregulación quede aislado de otro tipo de tendencias. Los resultados de este trabajo son novedosos y muestran que existe una relación significativa entre desregulación y seguridad de las líneas aéreas. Se detectan dos tendencias, una primera hacia incrementos de la seguridad y otra hacia una disminución de la misma. La combinación de ambas sub-tendencias produce un resultado global que indica que viajar en avión después del proceso desregulador es más seguro de lo que podría esperarse.

Uno de los trabajos más novedosos es el de Kennet (1993). La novedad se encuentra en que analiza, no la *actuación* de las líneas aéreas reflejada en su registro de accidentes e incidentes (variables *output*), sino su *esfuerzo* antes y después de la desregulación del mercado de transporte aéreo estadounidense (variables *input*). El número de observaciones de accidentes es muy pequeño y su tratamiento estadístico difícil, por lo que el autor apuesta por analizar la variable de mantenimiento, no medida por el gasto sino por el tiempo que transcurre entre las revisiones de los motores, y estudia luego si ello afecta a la actuación. Dichas revisiones se encuentran sometidas a regulación, aunque el transportista debe de contar con cierto margen de maniobra si consideramos las cifras que se presentan en el trabajo.

Kennet utiliza datos que no habían podido ser explotados con anterioridad. Cuenta con 42 historiales de motores de aviones a lo largo del período 1964-1988 proporcionados por la empresa Pratt and Whitney, Inc. para dos tipos de motores: el JT8D, que suele encontrarse en los Boeing 727 y los DC-9; y el JT9D, localizados mayoritariamente en los gigantescos Boeing 747. La principal ventaja de esta base de datos es el gran número de eventos a analizar frente a la rareza de los accidentes. Manteniendo constante el resto de las variables, es de esperar que una línea aérea que somete a revisiones frecuentes sus motores alcance un mayor nivel de seguridad que otras que no lo hagan.

Distintos contrastes estadísticos rechazan la hipótesis de homogeneidad de las muestras para antes y después de la desregulación. Las cifras absolutas recogen que el número de horas en operación de los motores JT8D se ha duplicado después de la desregulación, y más que duplicado para los JT9D. La cuestión es si esta extensión del tiempo entre visita y visita al taller se explica por las mejoras tecnológicas aplicadas a los motores.

Kennet introduce las siguientes variables para controlar el efecto de las mejoras tecnológicas, la heterogeneidad entre líneas aéreas y entre aeronaves y la incidencia de bloqueos en los motores:

$$HRSLSV = f(DEREG, SVRT, AL1-AL7, DC9, SDDUM, ELTIME, INTENS, OTHERS)$$

donde:

**HRSLSV** = Horas de motor desde la última visita al taller.

**DEREG** = Variable dummy para recoger el efecto de la desregulación. Adopta valor uno después de enero de 1978, y cero anteriormente.

**SVRT** = Tasa de visitas anteriores. Se obtiene dividiendo el número de visitas anteriores entre las horas de motor.

**AL1-AL7** = Indicadores para cada una de las siete líneas aéreas de la muestra.

**DC9** = Variable dummy para los McDonnell-Douglas DC-9, ya que algunos motores JT8D fueron instalados en este tipo de aeronaves.

**SDDUM**= Variable dummy que recoge la existencia de algún bloqueo del motor desde su última visita al taller.

**ELTIME**= Lapsus temporal en meses entre visita y visita. No tiene porqué corresponderse con el tiempo de utilización del motor.

**INTENS**= Intensidad. Se calcula dividiendo las horas operativas del motor entre el tiempo transcurrido desde la última revisión.

**OTHERS**= Conjunto de variables dummy que recogen las mejoras tecnológicas incorporadas a los motores.

El autor supone que la variable HRSLSV sigue una distribución de Weibull, por lo que obtiene los estimadores de máxima verosimilitud para la misma. Como referencia para compararlos obtiene también los estimadores MCO.

Los resultados obtenidos recogen un importante efecto del proceso desregulador sobre la longitud del período entre revisiones para ambos tipos de motores, que tiende a alargarse. La desregulación ha hecho disminuir la probabilidad de que un motor sea sometido a revisión, sin embargo ello no parece haber tenido consecuencias sobre la actuación de las compañías medida por el número de bloqueos de los motores en pleno vuelo. La política de mantenimiento ha cambiado sustancialmente después de que el mercado de transporte aéreo estadounidense fuera liberalizado, pero ello habría sido una reacción óptima ante las nuevas condiciones del mercado. Anteriormente se habría provisto seguridad, al menos en forma de prácticas de mantenimiento en exceso; ahora el nivel alcanzado estaría más cerca del óptimo.

Otro tipo de evidencia es la que proporciona De Jager (1993). Este autor reconoce que la industria ha continuado mejorando su nivel de seguridad,<sup>46</sup> aunque la cuestión de cómo ha afectado la desregulación a la misma no ha sido definitivamente resuelta. Con el objeto de investigar dicha relación, distingue entre ocurrencias cuyas causas están bajo

---

<sup>46</sup> De hecho Rose (1989), mediante la inclusión de una variable dummy para la desregulación, capta una disminución más rápida de la tasa de accidentes a lo largo del período post-desregulación.

el control de la línea aérea y las que son ajenas a su responsabilidad. Las primeras se regresan contra una tendencia y una variable dicotómica que capta el efecto del proceso desregulador. Los resultados indican que la desregulación ha tenido un efecto adverso sobre la seguridad, que es significativo pero relativamente pequeño. Tal resultado, en opinión de De Jager, más que requerir el retorno de la regulación sugiere la necesidad de que se lleven a cabo nuevos estudios que profundicen en la relación entre seguridad y competencia en el mercado.

**Cuadro 3.3. El impacto de la desregulación sobre la seguridad.**

<i>Autores:</i> Oster y Zorn	<i>Autores:</i> Kanafani y Keeler	<i>Autor:</i> Rose	<i>Autor:</i> Borenstein <i>Autor:</i> Gordon
<i>Año:</i> 1989	<i>Año:</i> 1989	<i>Año:</i> 1992	<i>Año:</i> 1992
<i>Muestra:</i> Accidentes de compañías estadounidenses en el período 1970-85.	<i>Muestra:</i> Gastos de mantenimiento, inspecciones de la FAA, colisiones en el aire evitadas y accidentes e incidentes de 22 compañías estadounidenses en el período 1971-85.	<i>Muestra:</i> Parte de los resultados de otros autores.	<i>Muestra:</i> Industria estadounidense en las etapas pre y post desregulación
<i>Desarrollo observado:</i> Sustitución de aviones a reacción por otros de turbohélice en rutas regionales.	<i>Desarrollo observado:</i> Entrada de nuevos competidores.	<i>Desarrollo observado:</i> Entrada de nuevos competidores.	<i>Desarrollo observado:</i> Variación en el porcentaje de viajes que implican cambio de aeronave.
<i>Resultados:</i> Los operadores más pequeños serían menos seguros. Sin embargo no se puede concluir que haya habido un deterioro importante en el nivel de seguridad con que se opera en este tipo de rutas ya que: (i) Son los operadores regionales mayores los que han asumido la mayor parte de la sustitución. (ii) El número de escalas es ahora menor. (iii) Muchos pasajeros han sido transferidos desde un modo de transporte de mayor riesgo como es la carretera.	<i>Resultados:</i> La seguridad no ha variado por culpa de los nuevos transportistas. No hay diferencias significativas con la excepción de los gastos de mantenimiento, que son mayores para los entrantes principalmente por operar con aviones de mayor edad.	<i>Resultados:</i> Los transportistas establecidos se comportan del mismo modo que los entrantes para casi todas las medidas que aproximan el nivel de seguridad. La excepción se produce para la tasa de accidentes fatales en relación al número de salidas.	<i>Resultados:</i> El riesgo de accidente ha aumentado ya que ahora es mayor la proporción de viajes, para distintas longitudes de ruta, que obligan al pasajero a cambiar de avión.

**Cuadro 3.4. El impacto de la desregulación sobre la seguridad (continuación).**

<i>Autor:</i> Jordan	<i>Autor:</i> Kanafani y Keeler	<i>Autor:</i> Rose
<i>Año:</i> 1989	<i>Año:</i> 1990	<i>Año:</i> 1992
<i>Muestra:</i> Datos de la industria estadounidense y canadiense de transporte regular durante el período 1969-1987.	<i>Muestra:</i> Datos mensuales de la industria estadounidense de transporte regular durante el período 1966-1989.	<i>Muestra:</i> Datos de la industria estadounidense de transporte regular durante el período 1955-1990.
<i>Desarrollo observado:</i> Datos y ratios de accidentes para la industria estadounidense y canadiense.	<i>Desarrollo observado:</i> Evolución de la variable víctimas mortales.	<i>Desarrollo observado:</i> Evolución del ratio de accidentes totales y fatales por cada millón de salidas.
<i>Resultados:</i> La desregulación no parece haber afectado a la seguridad.	<i>Resultados:</i> La desregulación no ha alterado la tendencia de la industria a mejorar el nivel de seguridad con que opera.	<i>Resultados:</i> La tendencia temporal de mejora en la seguridad se mantiene, no obstante los datos deben considerarse con precaución ya que los valores para los cuatro últimos años de la muestra yacen por encima de la tendencia. Existe la posibilidad de que el efecto de la desregulación se dilate en el tiempo.

**Cuadro 3.5. El impacto de la desregulación sobre la seguridad (continuación).**

<i>Autor:</i> Foreman	<i>Autor:</i> Kennet	<i>Autor:</i> De Jager
<i>Año:</i> 1993	<i>Año:</i> 1993	<i>Año:</i> 1993
<i>Muestra:</i> Datos de la industria estadounidense y de transporte regular durante el período 1929-1990.	<i>Muestra:</i> 42 historiales de motores en el período 1964-1988 para los motores JT8D y JT9D.	<i>Muestra:</i> Industria estadounidense en las etapas pre y post desregulación.
<i>Desarrollo observado:</i> Evolución de las variables de víctimas mortales, accidentes fatales y accidentes.	<i>Desarrollo observado:</i> Política de mantenimiento de los motores.	<i>Desarrollo observado:</i> Evolución de los accidentes e incidentes.
<i>Resultados:</i> Viajar en avión después del proceso desregulador es más seguro de lo que podría esperarse.	<i>Resultados:</i> La política de mantenimiento de los motores ha cambiado sustancialmente desde 1978, y ahora es menos probable que un motor sea sometido a revisión. No obstante si se atiende a la actuación de los motores en forma de bloqueos en vuelos, parece que anteriormente se proveía seguridad en exceso, por lo que ahora se estaría más cerca del óptimo.	<i>Resultados:</i> Hay un efecto significativo adverso, aunque pequeño, del proceso desregulador sobre la seguridad cuando se regresan sucesos cuyas causas quedan bajo el control de la compañía.

### 3.5. Seguridad aérea e información asimétrica

La literatura teórica sobre información asimétrica encuentra una de sus múltiples aplicaciones en el caso de la seguridad en la industria de transporte aéreo.<sup>47</sup> Sin embargo los trabajos que adoptan esta orientación son realmente escasos. Cabe destacar la contribución de Dionne et al. (1997). Estos afirman que la presencia de fallos de mercado, tales como imperfecciones en la estructura informacional o externalidades, hacen que la libre competencia no sea suficiente para garantizar la producción de un nivel de seguridad socialmente óptimo. Pero al mismo tiempo, tampoco queda claro que la regulación tradicional de la seguridad sea óptima cuando el conocimiento del regulador sobre el nivel de seguridad con que actúan las líneas aéreas es asimismo limitado. Parece que es necesaria una combinación de regulación, regímenes de responsabilidad e incentivos económicos para que el nivel de seguridad socialmente óptimo se alcance. Pero a pesar de este reconocimiento, los autores no se plantean continuar por este camino,<sup>48</sup> sino que optan por adoptar otra aproximación al problema de elección de niveles de seguridad.

Estos autores estudian la relación que existe entre la salud financiera de las compañías y las decisiones que adoptan los directivos en relación a la materia seguridad. La situación financiera de las empresas se evalúa aplicando el ratio deuda/capital, sometiendo a consideración el problema de riesgo moral que existe entre los directivos de la línea aérea y los empresarios (banqueros o particulares) que financian las inversiones de aquélla. Con el objeto de simplificar el análisis hacen abstracción de un problema de agencia similar, el que surge a otro nivel entre accionistas y gerentes.

---

<sup>47</sup> Algunos de los trabajos seminales son los de Akerlof (1970), Holmstrom (1979), Shavell (1979) o Grossman y Hart (1983).

<sup>48</sup> Este será el punto de partida de los modelos teóricos desarrollados en el capítulo 4 del presente trabajo.

Se asume que los directivos y trabajadores incorporan un nivel determinado de esfuerzo,  $e$  que les resulta costoso.<sup>49</sup> Un mayor esfuerzo se corresponde con la producción de un menor número de accidentes. La expresión relevante a la que llegan después de diversas demostraciones es:

$$e = h(I, F) = h(D + E, F(D, E)) = e(D, E)$$

en la que:

$I$  = Inversión. Se financia con deuda ( $D$ ) y capital ( $E$ ).

$F$  = Valor de reembolso de la deuda. Es también función de  $D$  y  $E$ .

Se parte por tanto de que el nivel óptimo de esfuerzo está determinado por el volumen de inversión que lleve a cabo la compañía de transporte aéreo, así como por lo que cueste financiarla, o en última instancia por el volumen de deuda y el de capital. Los resultados de estática comparativa son:

$$\frac{de}{dD} = \frac{de}{dI} + \frac{de}{dF} \frac{dF}{dD}$$

$$\frac{de}{dE} = \frac{de}{dI} + \frac{de}{dF} \frac{dF}{dE}$$

La financiación permite incrementar el volumen de inversión, y con ello la eficiencia del esfuerzo, es decir  $(de/dI) > 0$ . Además los autores afirman que en condiciones generales se puede demostrar que  $(dF/dD) > 0$ , mientras que  $(dF/dE) < 0$ . Bajo estas condiciones y teniendo en cuenta también que cuanto mayor sea el coste de la deuda, menor será el incentivo para incorporar esfuerzo a la empresa, esto es  $(de/dF) < 0$ , encontramos que:

- El impacto de la deuda sobre el esfuerzo es ambiguo, pues hay dos efectos con signos opuestos. El incremento de esfuerzo que produce la nueva inversión (por ejemplo la compra de un nuevo avión) podría ser anulado por la influencia del

---

<sup>49</sup> El coste vendría dado por una función  $C(e)$  que verificaría:  $C_e > 0$ ,  $C_{ee} > 0$ .

valor de reembolso de la deuda sobre el mismo. Existiría un intercambio entre eficiencia y riesgo moral.

- Aumentos de capital conducen sin ambigüedad hacia mayores niveles de esfuerzo y, por consiguiente, de seguridad.

Consecuentemente los cambios que se produzcan en el ratio deuda/capital tienen un efecto ambiguo sobre el esfuerzo y, por tanto, sobre el número de accidentes.

Los autores muestran además que cuando la financiación obtenida se destina a recapitalizar la empresa o para atender pagos pendientes, en otras palabras, cuando la empresa se halla en una situación financiera delicada, el nivel de esfuerzo disminuye y con él aumenta el riesgo de accidente. Este resultado queda contrastado en la modelización econométrica que realizan.

El análisis empírico llevado a cabo por estos autores se realiza con datos recogidos del mercado canadiense de transporte aéreo en el período 1976-1987.<sup>50</sup> Básicamente se desea explicar el comportamiento de la variable número de accidentes utilizando un conjunto de variables explicativas similares a las empleadas en estudios ya detallados con anterioridad. La contribución original consiste en la introducción del ratio deuda/capital en distintas formas, y la inclusión asimismo de los gastos de mantenimiento de las compañías. Todos los resultados proceden de estimaciones por máxima verosimilitud bajo el supuesto de que los accidentes aéreos siguen una distribución de Poisson.

Los resultados subrayan la importancia de variables de tipo financiero cuando se desea estudiar el grado de seguridad de las compañías, en particular la relación entre volumen de deuda y capital. Se indica que el efecto riesgo moral predomina sobre el efecto

---

<sup>50</sup> La desregulación de los servicios de transporte aéreo en el mercado canadiense tuvo lugar en 1988.

inversión para valores negativos de deuda/capital,<sup>51</sup> y a la inversa para valores positivos del ratio. Esto significa que los transportistas canadienses habrían estado intercambiando seguridad por otras actividades durante un período caracterizado por la presencia de una fuerte regulación sobre todos los aspectos de la industria. Estos resultados confirman la necesidad de que la agencia reguladora tenga acceso a los datos financieros de las compañías.

---

<sup>51</sup> El valor del ratio es negativo cuando el capital se ha visto reducido por la acumulación continua de beneficios negativos.

**Cuadro 3.6. Seguridad e información asimétrica.**

<p><i>Autor:</i> Dionne et al.</p>	<p><i>Año:</i> 1994</p>	<p><i>Resultados teóricos:</i></p> <p>(i) Los aumentos de capital conducen siempre a mejoras en el nivel de seguridad.</p> <p>(ii) El impacto de la deuda sobre el esfuerzo que incorporan las líneas aéreas en materia de seguridad es ambiguo debido a la confluencia de dos efectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- el efecto eficiencia de la inversión financiada con dicha deuda, que afecta positivamente al esfuerzo y,</li> <li>- el efecto de riesgo moral, por el que cuanto más costosa sea la financiación de la deuda menor será el incentivo a incorporar esfuerzo.</li> </ul>	<p><i>Muestra:</i></p> <p>Accidentes de líneas aéreas canadienses en el período 1976-87.</p>	<p><i>Resultados empíricos:</i></p> <p>(i) El efecto de riesgo moral predomina sobre el efecto eficiencia de la inversión para valores negativos del ratio deuda/capital.</p> <p>(ii) El efecto eficiencia predomina sobre el de riesgo moral para valores positivos del ratio deuda/capital.</p> <p>(iii) Los transportistas canadienses han sustituido seguridad por otras cosas a pesar de la fuerte regulación a la que estaban sometidos.</p>
------------------------------------	-------------------------	---	--	--

## 4. UN MODELO DE SEGURIDAD EN TRANSPORTE AÉREO

### 4.1. Introducción

El modelo que se presenta es una variación de la teoría de Principal-Agente. El consumidor representativo o pasajero es un Principal que quiere que el Agente, es decir la línea aérea, adopte las mejores precauciones en materia de seguridad, aunque se muestra dispuesto a sustituir seguridad por menores precios. Contrariamente al modelo tradicional, es el Agente quien diseña un contrato para el Principal. Dicho contrato tampoco resulta tradicional, ya que no es más que el billete adquirido por el pasajero, en el que la compañía se compromete a transportarle a lo largo de una ruta aérea determinada por un precio dado y un nivel de seguridad. Considerando que los consumidores incrementan su utilidad de forma directa con el nivel de seguridad, mientras que las líneas aéreas reducen la suya, aparece un problema de conflicto de intereses. Este se plantea asimismo para el caso de la variable precio. Además surge un problema de asimetría informacional ya que la compañía de transporte posee un conocimiento más preciso del nivel de seguridad alcanzado en sus operaciones.<sup>52</sup>

#### 4.1.1. Elementos

El *Agente* es una compañía de transporte aéreo con una posición monopolística en el mercado. Su trabajo consiste en ofrecer a los pasajeros un billete (contrato) que recoge una variable de demanda (precio) y un vector de variables de calidad (servicio a bordo, frecuencia, puntualidad, factor de carga, diseño, seguridad, etc.). De todas estas variables de calidad el estudio se concentra sobre la seguridad, ignorando deliberadamente el resto.

---

<sup>52</sup> En el anexo 4.1. se ofrece una breve revisión de la teoría sobre información asimétrica.

El *Principal* es un consumidor representativo que ha de realizar un viaje.<sup>53</sup> Este somete a consideración la adquisición de un billete que le faculte para recibir un servicio de transporte aéreo, aunque podría viajar utilizando otros modos de transporte, siendo estas alternativas las que le permiten la formación de una utilidad de reserva.

El *Regulador* puede optar por distintas formas de intervención.<sup>54</sup> En primer lugar, puede fijar directamente el nivel requerido de inversión en seguridad tal que se maximice el bienestar social, siendo ésta la forma más común de intervención.<sup>55</sup> También puede actuar imponiendo alguno de los siguientes regímenes de responsabilidad: *régimen de negligencia* y *régimen de responsabilidad estricta*. De acuerdo con el primero el transportista habrá de hacer frente a los costes y compensaciones derivadas del accidente sólo si se demuestra que es culpable, esto es, no invirtió lo requerido en seguridad; adicionalmente las compensaciones correspondientes pueden estar sujetas a un límite preestablecido o, al contrario, ser ilimitadas. El régimen de responsabilidad estricta obliga a la línea aérea a asumir tales costes sea o no culpable del suceso. Finalmente, el regulador puede actuar estableciendo determinadas penalizaciones en caso de accidente, aunque el modelo que se presenta no las incluye, y concentra su análisis sobre los distintos regímenes de responsabilidad posibles, incluido el de ausencia de responsabilidad.

Una *Estructura Informacional*. La información ha de ser incompleta para que exista riesgo de accidente aún en el caso en que la compañía invierta lo máximo en seguridad. Además la información sobre el grado de seguridad puede ser asimétrica. El nivel de

---

<sup>53</sup> Todos los pasajeros son idénticos en el sentido de que todos prefieren más seguridad a menos. Este supuesto recoge además el hecho de que la línea aérea, al contrario que con los precios, no puede diferenciar a los pasajeros para distintos niveles de seguridad. Todos los pasajeros que embarcan en un avión disfrutarían del mismo nivel de seguridad aunque hubiesen pagado distintas tarifas.

<sup>54</sup> Véase Spence (1977).

<sup>55</sup> Nos referimos a la regulación del número de horas de vuelo para los pilotos, las revisiones de las aeronaves, etc.

seguridad de la línea aérea,  $S$ , es algo muy difícil de medir, todo lo que podemos conocer es su gasto de inversión en seguridad, lo que resulta más fácilmente mensurable si consideramos, por ejemplo, la frecuencia de revisiones, los cursos de entrenamiento de la tripulación, etc; o también los resultados de dicho nivel atendiendo al número de accidentes e incidentes.<sup>56</sup> Nosotros aproximaremos  $S$  por el gasto de las líneas aéreas en seguridad. En este sentido, el transportista posee un conocimiento más preciso sobre tal variable que el pasajero, quien dispone únicamente de sus creencias sobre la misma. La formación de tales creencias viene determinada, entre otros factores, por la información sobre accidentes que recibe. Además, éste incorpora en su evaluación elementos de tipo subjetivo que adquiere a través de su experiencia de vuelo, y que incluyen, por ejemplo, la sensación que percibe por la decoración a bordo, el aspecto sosegado o tenso de la tripulación, las vibraciones de la aeronave o el nivel de ruido en cabina. Con el objeto de concentrarse en el efecto de los distintos regímenes de responsabilidad, el modelo prescinde del problema derivado de esta asimetría informacional.

#### 4.1.2. Estructura

1. **Diseño.** La línea aérea ofrece al pasajero un contrato  $(p, S)$ , donde  $p$  representa el precio que éste debe pagar por hacer uso del mismo.

2. **Participación.** El consumidor observa el contrato  $(p, S)$  y decide comprarlo si éste le proporciona un nivel de utilidad superior a su utilidad de reserva  $U^0$ .

3. **Acción.** Si la decisión del consumidor resulta favorable a la línea aérea, el viaje tiene lugar. Luego juega la naturaleza y se producen tres posibles sucesos independientes:<sup>57</sup>

(i) Con probabilidad  $1 - \alpha(S) - \beta$  no hay accidente.

---

<sup>56</sup> Aunque sería una medida sesgada de  $S$  ya que podría haber intervenido la naturaleza como causante del accidente.

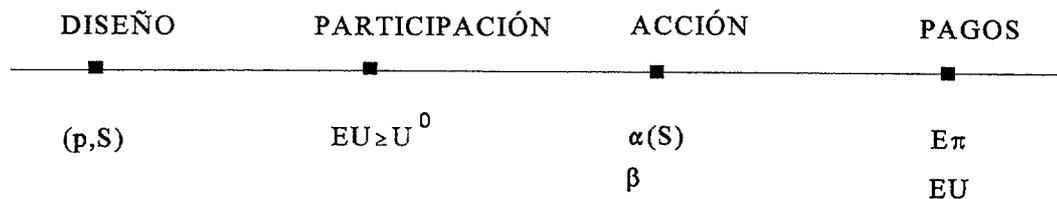
<sup>57</sup> Si se produce un accidente será culpa de la compañía de transporte o debido a factores exógenos. Para simplificar el análisis excluimos las situaciones en las que confluyen ambos factores.

(ii) Con probabilidad  $\alpha(S)$  ocurre un accidente o incidente por culpa de la línea aérea debido a un nivel de inversión en seguridad insuficiente.

(iii) Con probabilidad  $\beta$  se produce un accidente o incidente imputable a los factores exógenos.

4. **Pagos.** La línea aérea obtiene sus beneficios esperados  $E\pi$ , mientras que los consumidores obtienen un nivel de utilidad esperada  $EU$ .

**Gráfico 4.1. Estructura del problema.**



*4.1.3. Supuestos*<sup>58</sup>

1. Hay una única decisión de optimización a adoptar por la línea aérea que quiere maximizar beneficios esperados sobre  $p$  y  $S$  sujeto a una restricción de participación para el pasajero. Además  $\pi_p > 0$  y  $\pi_s < 0$ .

2. Los pasajeros tienen preferencias idénticas sobre  $p$  y  $S$ , con utilidad esperada representada por  $EU$  de un agente representativo. Suponemos  $U_p < 0$ .

<sup>58</sup> Los subíndices denotan derivadas parciales.

3. El pasajero representativo y la línea aérea son maximizadores de la utilidad (beneficios) tipo Von Neumann Morgenstern,<sup>59</sup> y tales funciones se asumen aditivas y separables.
4. La probabilidad de que una línea aérea sufra un accidente es menor cuanto mayor es su nivel de inversión en seguridad. Esto es:  $\alpha_s < 0$ .
5. Para que las condiciones necesarias sean también suficientes requerimos que todas las funciones sean  $C^2$  y adicionalmente que,  $\pi(p, S)$  sea cóncava,  $\alpha(S)$  sea convexa y  $U(p, S)$  sea cóncava. Ello implica a su vez:  $\pi_{pp} < 0$ ,  $\pi_{ss} < 0$ ,  $\alpha_{ss} > 0$  y  $U_{pp} < 0$ . Además supondremos que  $\pi_{ps} = \pi_{sp} = 0$ .
6. La variable  $S$  es observable por todos los participantes en el servicio de transporte.
7. El modelo es estático a un período, por lo que la línea aérea vive un período y vende un billete.
8. No existe retraso temporal en conocer qué causó el accidente.
9. No hay mercado de seguros.

---

<sup>59</sup> Véase anexo 4.2.

## 4.2. El modelo básico

La línea aérea desea maximizar sus beneficios esperados sobre  $p$  y  $S$  sujeto a una restricción de participación para el pasajero. Consideraremos en primer lugar la solución a este problema en ausencia de responsabilidad y posteriormente compararemos el resultado con el que se obtiene bajo responsabilidad en régimen de negligencia, que es la situación que más se aproxima a la realidad.<sup>60</sup> Con el objeto de simplificar se supone que los daños directos que experimenta la línea aérea como consecuencia de un accidente son nulos ( $D=0$ ) y no se desarrolla la función de utilidad esperada que aparece en la restricción. Este tipo de análisis más detallado se reserva para el apartado 4.3.

### 4.2.1. Ausencia de responsabilidad

En ausencia de responsabilidad la función de utilidad indirecta del pasajero adopta la forma funcional  $U(p,y)$  si no hay accidente, y  $U(p,y,L)$  en caso de que éste se produzca, siendo  $y$  su nivel de renta y  $L$  la pérdida que experimenta el pasajero en caso de accidente. A su vez, la función objetivo de la línea aérea es:

$$\underset{p,S}{\text{Max}} E\pi = \pi(p,S) [1 - \alpha(S) - \beta] + \pi(p,S) \alpha(S) + \pi(p,S) \beta = \pi(p,S)$$

$$\text{s.a. } EU(p,S,y,L) \geq U^0$$

Y el Lagrangiano es:

$$Z = \pi(p,S) + \lambda [EU(p,S,y,L) - U^0]$$

---

<sup>60</sup> Véase el anexo 4.3.

Con C.P.O.:<sup>61</sup>

$$Z_p = \pi_p + \lambda EU_p = 0 \quad (4.1)$$

$$Z_s = \pi_s + \lambda EU_s = 0 \quad (4.2)$$

$$Z_\lambda = EU(p, S, y, L) - U^o = 0$$

De (4.1) obtenemos:<sup>62</sup>

$$\lambda = -\frac{\pi_p}{EU_p} > 0$$

Lo que resulta siempre positivo y entonces la restricción se encuentra saturada. Sustituyendo este valor de  $\lambda$  en (4.2), y operando llegamos al siguiente tipo de condición de tangencia:

$$\frac{\pi_s}{\pi_p} = \frac{EU_s}{EU_p} \quad (4.3)$$

De acuerdo con ésta, se llegaría a una situación de equilibrio caracterizada por la tangencia entre las curvas de indiferencia de las partes contratantes en el plano  $(p, S)$ . Se trata de una solución eficiente en el sentido de Pareto. Si consideramos además que se alcanza sin necesidad de fijar la responsabilidad del transportista, ya que  $S$  es observable para todos los participantes del servicio de transporte, entonces se tratará de un solución

<sup>61</sup> Nótese que en el resultado de la derivación se prescinde de incluir la dependencia funcional de las variables.

<sup>62</sup> Se puede demostrar fácilmente que bajo este régimen de responsabilidad las derivadas parciales de la función de utilidad esperada toman los siguientes signos:  $EU_p < 0$ ,  $EU_s > 0$ ,  $EU_{pp} < 0$ ,  $EU_{ss} < 0$ ,  $EU_{ps} = 0$  y  $EU_{sp} = 0$ . Véase al respecto el anexo 4.4.

de primera preferencia frente a las que se alcancen bajo un sistema de responsabilidad regulada.

Para un pasajero representativo tendremos que a lo largo de cualquiera de dichas curvas se verifica que:

$$EU(p, S, y, L) = K$$

donde  $K$  es una constante.

Derivando totalmente esta expresión podremos establecer el signo de la pendiente así como la concavidad o convexidad de la curva:

$$\frac{dp}{ds} = -\frac{EU_s}{EU_p} > 0$$

$$\frac{d^2p}{ds^2} = \frac{-EU_{ss} EU_p + EU_{ps} EU_s}{EU_p^2} < 0$$

Luego, en el plano considerado las curvas de indiferencia del pasajero tienen pendiente positiva y presentan concavidad.

De un modo similar, para cualquier curva de isobeneficio de la compañía de transporte aéreo tenemos que:

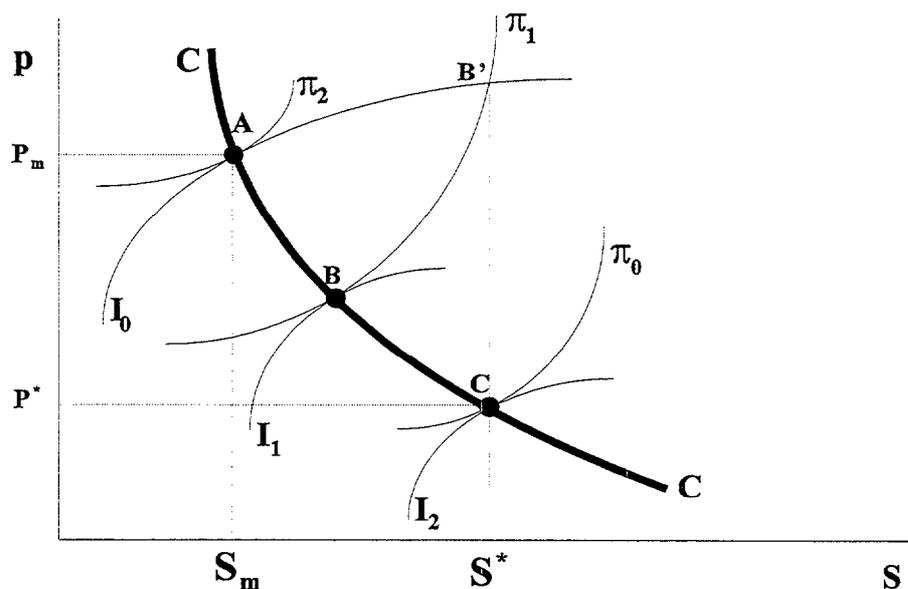
$$\pi(p, S) = K$$

$$\frac{dp}{ds} = -\frac{\pi_s}{\pi_p} > 0$$

$$\frac{d^2p}{ds^2} = \frac{-\pi_{ss} \pi_p + \pi_{ps} \pi_s}{\pi_p^2} > 0$$

Por lo que las curvas de indiferencia del transportista en el plano  $(p,S)$  tendrían pendiente positiva y presentarían convexidad. Podríamos entonces asegurar que existe una curva de contratos  $CC$  que une todos aquellos puntos en los que se cumple la condición (4.3), es decir se verifica la igualdad de los ratios de utilidades marginales de precios y seguridad para las partes contratantes del servicio de transporte aéreo. Se puede demostrar que esta curva de contratos tiene pendiente negativa.<sup>63</sup> Una representación gráfica de estos equilibrios se ofrece en el *gráfico 4.2*.

**Gráfico 4.2. Equilibrios en el espacio  $(p,S)$  en ausencia de responsabilidad. Curva de contratos.**



Los puntos A, B y C representan soluciones eficientes para distintos niveles de utilidad de reserva del pasajero. Si suponemos que el pasajero participa para la utilidad mínima de reserva que se corresponde con la curva de indiferencia  $I_0$ , la solución que se alcanza vendrá dada por la combinación A. Soluciones sobre la curva de contratos a la izquierda

<sup>63</sup> Véase el anexo 4.4.

de A no son admisibles para el pasajero, y al contrario, a medida que nos desplazamos a la derecha el pasajero ve aumentar su nivel de utilidad.

Si en estas condiciones un regulador maximizador del bienestar social, que asigna un mayor peso a la satisfacción del pasajero, establece que el nivel mínimo de inversión en seguridad es  $S^*$ , entonces habrá de regular conjuntamente tarifas y seguridad, pues si se limita únicamente a fijar el nivel de seguridad, la línea aérea elegirá una combinación tal como  $B'$ , que siendo óptima para la misma es totalmente ineficiente.

#### 4.2.2. Negligencia con pagos limitados

El problema de optimización al que se enfrenta ahora la compañía de transporte aéreo es el siguiente:

$$\underset{p,S}{\text{Max}} E\pi = \pi(p,S)[1 - \alpha(S) - \beta] + [\pi(p,S) - R]\alpha(S) + \pi(p,S)\beta$$

$$\text{s.a. } EU(p,S,y,L,K) \geq U^o$$

Donde  $K$  es la compensación que le corresponde al pasajero según el régimen de responsabilidad establecido, y  $R$  recoge las compensaciones que habrá de abonar la compañía aérea si se produce un accidente por causas bajo su control. No obstante,  $R$  es un pago limitado por las condiciones del contrato. Si suponemos que este límite son los beneficios del período, el problema anterior se reduce a:

$$\underset{p,S}{\text{Max}} E\pi = \pi(p,S)[1 - \alpha(S) - \beta] + \pi(p,S)\beta$$

$$\text{s.a. } EU(p,S,y,L,K) \geq U^o$$

Y el Lagrangiano es ahora:

$$Z = \pi(p,S)[1 - \alpha(S)] + \lambda [EU(p,S,y,L,K) - U^o]$$

Con C.P.O.:

$$Z_p = \pi_p (1 - \alpha) + \lambda EU_p = 0 \quad (4.4)$$

$$Z_s = \pi_s (1 - \alpha) - \alpha_s \pi + \lambda EU_s = 0 \quad (4.5)$$

$$Z_\lambda = EU(p, S, y, L, K) - U^o = 0$$

De (4.4) obtenemos:

$$\lambda = - \frac{\pi_p (1 - \alpha)}{EU_p} > 0$$

Lo que, para  $0 \leq \alpha < 1$ , resulta siempre positivo y entonces la restricción se encuentra saturada.<sup>64</sup> Sustituyendo este valor de  $\lambda$  en (4.5), y operando llegamos al siguiente tipo de condición de tangencia:

$$\frac{\pi_s}{\pi_p} - \frac{\pi}{\pi_p} \cdot \frac{\alpha_s}{(1 - \alpha)} = \frac{EU_s}{EU_p} \quad (4.6)$$

En este caso también se puede demostrar que las curvas de indiferencia tienen la misma forma que en el caso de ausencia de responsabilidad, aunque obviamente no se trata del mismo tipo de funciones y por tanto el mapa de curvas no es el mismo. En relación a las curvas de isobeneficios todo lo que podemos asegurar es que tendrán pendiente positiva en el punto en el que se produce la tangencia. A efectos gráficos supondremos que son asimismo convexas, lo cual no afecta al tipo de solución que se alcanza.<sup>65</sup>

<sup>64</sup> El supuesto de que  $\alpha$  haya de ser estrictamente menor que uno se ajusta bastante a la realidad. De acuerdo con nuestros supuestos, los accidentes se producen bien por negligencia de la línea de transporte aéreo, o por causas ajenas a su control. Resulta difícil concebir que todos los accidentes que puedan afectar a una determinada compañía sean siempre por su culpa, es decir debido a que su gasto de inversión en seguridad sea nulo.

<sup>65</sup> Véase el anexo 4.4.

La ecuación (4.6) también puede observarse como:

$$-\frac{EU_s}{EU_p} = -\frac{\pi_s}{\pi_p} + \epsilon$$

en la que:

$$\epsilon = \frac{\pi}{\pi_p} \cdot \frac{\alpha_s}{(1 - \alpha)}$$

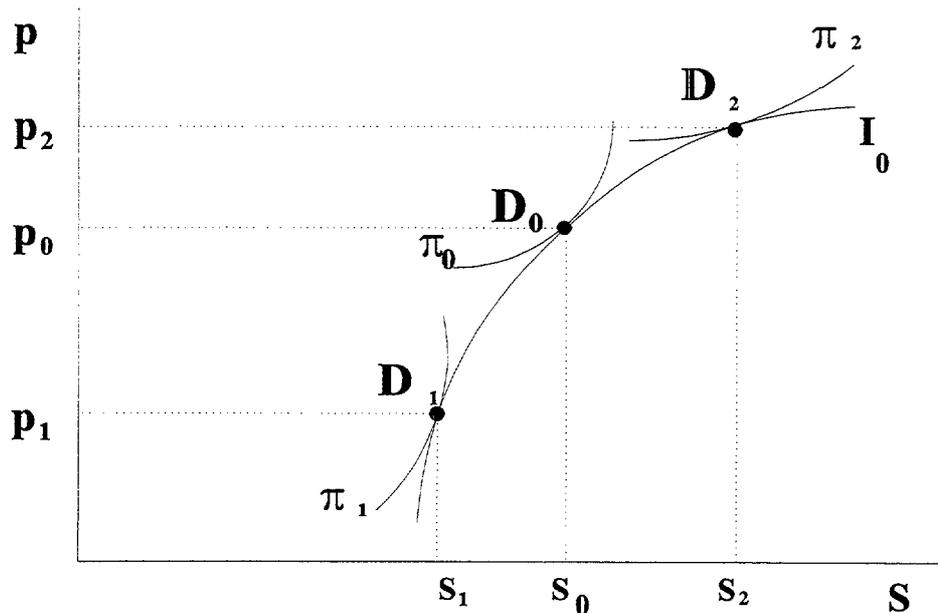
Y  $\epsilon$  puede tomar valor positivo, negativo o nulo. Tomará valor nulo cuando la línea aérea esté obteniendo beneficios normales, en cuyo caso la combinación elegida será  $(p_0, S_0)$ . Nótese que en este caso las soluciones óptimas coinciden con las que se obtienen en ausencia de responsabilidad.

A su vez,  $\epsilon$  será positivo o negativo dependiendo del valor de los beneficios realizados que se corresponda con el par de valores  $(p, S)$  óptimos para la línea aérea, ya que el signo del resto de los componentes que integran  $\epsilon$  son conocidos. Las soluciones posibles se ilustran en el *gráfico 4.3*.

Cuando  $\pi(p, S) > 0$  tenemos que  $\epsilon < 0$ , con lo que la pendiente de una curva de indiferencia para el transportista es ahora menor, y la tangencia se produciría a la derecha de la solución  $S_0$ . El caso contrario se daría cuando los transportistas incurriesen en pérdidas. Por lo tanto, cuando el transportista elige su nivel de inversión en seguridad, lo hace teniendo en cuenta el efecto del mismo sobre las tarifas que podría fijar y los beneficios resultantes. En otras palabras, si elige la solución  $S_1$  y como ésta es observable por el pasajero, lo mejor que podrá hacer es fijar la tarifa  $p_1$ , por lo que estaría incurriendo en pérdidas. Como alternativa podría elegir, por ejemplo,  $S_2$  y correspondientemente  $p_2$ . Ambas se alejan de la solución de primera preferencia  $(p_0, S_0)$ .

Una empresa de transporte aéreo monopolista como la que nos ocupa elegirá la solución que resulta compatible con la obtención de beneficios positivos, de este modo en los mercados de transporte aéreo donde se operase en presencia de poder de mercado, se tendería no sólo a fijar tarifas elevadas, sino también a proveer un alto nivel de seguridad,<sup>66</sup> en otras condiciones de mercado la competencia en precios, de acuerdo con el resultado obtenido, podría inducir niveles de inversión en seguridad inferiores a  $S_0$ .

**Gráfico 4.3. Equilibrios bajo un régimen de negligencia con responsabilidad limitada.**



Si el supuesto de información simétrica se relajase podríamos encontrarnos pares de valores óptimos para la línea aérea como  $(p_2, S_1)$ , con lo que el problema estudiado se complicaría. Este tipo de análisis constituye una extensión natural del modelo, no

<sup>66</sup> Los resultados de Kennet (1993) presentados en el capítulo 3 permiten llegar a esta misma conclusión.

obstante, en el resto del presente capítulo se ha optado por profundizar en el estudio de la regulación del sistema de responsabilidad.

Como conclusión podemos apuntar que es el hecho de que la compañía aérea tenga capacidad para influenciar el riesgo de accidente mediante su nivel de inversión en seguridad, y la consideración del efecto de la misma sobre los beneficios, lo que nos permite dilucidar que la solución óptima desde la perspectiva de la línea aérea, no es la más eficiente cuando la responsabilidad del transportista se limita y a pesar de que no hay asimetrías de información. La responsabilidad bajo un régimen de negligencia con pagos limitados en condiciones de información perfecta introduce distorsiones innecesarias.

#### *4.2.3. Negligencia con pagos ilimitados*

Bajo un régimen de negligencia con pagos ilimitados, en la medida que el pasajero va ser compensado por la totalidad de las pérdidas que pudiese sufrir, encontramos que éste es indiferente al nivel de  $S$  elegido por la compañía aérea. Sus curvas de indiferencia serían rectas horizontales en el plano de interés, por lo que la determinación de un  $S$  óptimo carece de interés.<sup>67</sup>

---

<sup>67</sup> Véase el anexo 4.4.

### 4.3. Desarrollos del modelo básico

A continuación desarrollamos el modelo básico definiendo explícitamente las funciones de utilidad y beneficios, así como la función de probabilidad de accidente por culpa de la línea aérea  $\alpha(S)$ .

Para la función  $\alpha(S)$  se elige la forma  $(S-1)^2$ . Esta especificación ad-hoc resulta adecuada y permite acotar el valor de  $\alpha$  entre 0 y 1. Igualmente los valores que puede tomar  $S$  se normalizan para dicho intervalo, aunque se considera que nunca una compañía de transporte aéreo va a descuidarse por completo en relación a su inversión en seguridad, es decir  $S$  pertenece al intervalo  $(0,1]$  y por tanto  $\alpha$  pertenecerá al intervalo  $[0,1)$ . En otras palabras, una línea aérea puede invertir todo lo que desee en la adopción de medidas de seguridad alcanzando incluso el nivel máximo y por tanto reduciendo la probabilidad de accidente bajo su control a cero. No obstante, también podemos asegurar que  $\alpha$  es estrictamente menor que uno, como se ha indicado en el modelo básico, ya que a ninguna compañía le traerá sin cuidado la seguridad de sus pasajeros, sobre todo cuando el nivel de la misma puede ser observado, por lo que todas invertirán al menos una cantidad mínima mayor que cero. Además la especificación convexa permite recoger los *rendimientos decrecientes* de la inversión en seguridad, es decir cuanto más cerca se encuentre la compañía del máximo nivel de seguridad más difícil resultará reducir el nivel de riesgo mediante la aplicación de nuevo gasto en seguridad.

Las funciones de utilidad y beneficios son lineales en  $p$  y no lineales en  $S$  debido a la introducción de  $\alpha(S)$  en la forma indicada. Esto exige comprobar si las condiciones de segundo orden se verifican para los distintos casos analizados a continuación.

Procedemos comparando los resultados obtenidos en términos de nivel de seguridad seleccionado en los siguientes casos:

- (i) Cuando se desea maximizar el bienestar social por parte de un regulador que establece el nivel de inversión en seguridad que han de acometer las líneas aéreas.
- (ii) En ausencia de responsabilidad.
- (iii) Bajo un régimen de responsabilidad de negligencia con pagos ilimitados.
- (iv) Bajo un régimen de responsabilidad de negligencia con pagos limitados.
- (v) Bajo un régimen de responsabilidad estricta.

Los supuestos coinciden con los del modelo básico, con la salvedad de los signos de las primeras y segundas derivadas de las funciones consideradas.

#### 4.3.1. Maximización del bienestar

Las funciones de utilidad y beneficios vienen dadas por:<sup>68</sup>

$$EU(p, S, y, L) = (y - p)[1 - (S - 1)^2 - \beta] + (y - p - L)[(S - 1)^2 + \beta] = y - p - L[(S - 1)^2 + \beta]$$

$$E\pi(p, S, D) = (p - S)[1 - (S - 1)^2 - \beta] + (p - S - D)[(S - 1)^2 + \beta] = p - S - D[(S - 1)^2 + \beta]$$

En donde  $D$  es la pérdida directa que experimentaría la línea aérea.<sup>69</sup>  $L$  y  $D$  se suponen normalizados, pudiendo tomar valor cero o uno, que representan respectivamente las

---

<sup>68</sup> No se considera el régimen de responsabilidad ya que los pagos que pudiesen producirse serían meras transferencias.

<sup>69</sup> Daños a la aeronave y coste de los recursos humanos básicamente.

pérdidas mínima y máxima. Además se trata de valores anticipados según se adopte una postura optimista o pesimista, aunque su valor real se conocerá sólo si el accidente tiene lugar.

En estas condiciones encontramos que el comportamiento de las derivadas primeras es:<sup>70</sup>  $EU_p < 0$ ,  $EU_s \geq 0$ ,  $E\pi_p > 0$ ,  $E\pi_s \geq 0$  y  $\alpha_s < 0$ . Mientras que las derivadas segundas muestran los siguientes signos:  $EU_{pp} = 0$ ,  $EU_{ss} \leq 0$ ,  $E\pi_{pp} = 0$ ,  $E\pi_{ss} \leq 0$  y  $\alpha_{ss} > 0$ . Se sigue recogiendo por tanto el conflicto de intereses característico de la relación pasajero-línea aérea con respecto a las variable  $p$ . En relación a  $S$ , ahora surge la posibilidad de que los beneficios del transportista aumenten con su inversión en seguridad; esto sucede, debido al efecto que la variable de daños  $D$  tiene sobre aquéllos. La línea aérea estará interesada en invertir en medidas de seguridad cuanto más pesimista sea su postura en relación a la severidad de las pérdidas que le afectan directamente. Destaca finalmente que sólo en el caso en que la compañía invierta lo máximo en seguridad, esto es  $S=1$ , encontramos que  $EU_s = 0$ .

Si definimos la función de bienestar como la suma simple de los beneficios esperados del transportista más la utilidad esperada del pasajero representativo, tendremos que ésta se maximiza cuando:

$$\underset{s}{\text{Max}} W = E\pi + EU = y - S - (S - 1)^2(D + L) - \beta(D + L)$$

$$W_s = -1 - 2(S - 1)(D + L) = 0 \quad (4.7)$$

$$W_{ss} = -2(D + L) \leq 0 \quad (4.8)$$

---

<sup>70</sup> Véase anexo 4.4.

$$S_1^* = 1 - \frac{1}{2(D+L)} \quad (4.9)$$

Las ecuaciones (4.7) y (4.8) recogen las condiciones de primer y segundo orden respectivamente. Podemos asegurar que (4.8) es siempre negativo (i.e. se alcanza un máximo) para valores de  $D$  y  $L$  positivos. Sólo cuando la compañía y el pasajero anticipen pérdidas nulas, nos encontraremos en un punto de inflexión. Esta situación es poco probable en la realidad; es muy difícil que un accidente traiga consecuencias nulas tanto para el pasajero como para la línea aérea.

El nivel óptimo de inversión en seguridad que planificaría un regulador maximizador del bienestar en condiciones de información perfecta  $S_1^*$ , viene dado por la expresión (4.9). Nótese que incluso en el caso en que se anticipen pérdidas máximas, es decir cuando  $D=L=1$ , el valor de  $S_1^*=0.75$ , con lo que se obtiene que la inversión en seguridad socialmente óptima no coincide con el máximo alcanzable. Alcanzar la máxima inversión en seguridad implica que se controle hasta el más mínimo detalle que determine la seguridad de la aeronave y que esté bajo el control de la compañía. Este máximo nivel, teóricamente alcanzable sería extremadamente costoso, y conduciría a una asignación de recursos ineficiente y a un resultado subóptimo desde el punto de vista social.

#### 4.3.2. Ausencia de responsabilidad

En este caso maximizamos los beneficios esperados de la compañía aérea manteniendo constante la utilidad del pasajero. Las derivadas de primer y segundo orden para las funciones de utilidad y beneficios se mantienen inalteradas con respecto al caso anterior.

$$\text{Max}_{p,S} E\pi(p,S,D) = p - S - D[(S-1)^2 + \beta]$$

$$s.a. EU(p,S,y,L) \geq U^0$$

Ahora la función lagrangiana adopta la forma de:

$$Z = p - S - D[(S - 1)^2 + \beta] + \lambda(y - p - L[(S - 1)^2 + \beta] - U^0)$$

Con C.P.O.

$$Z_p = 1 - \lambda = 0 \quad ; \quad \lambda = 1 \tag{4.10}$$

$$Z_s = -1 - 2(S - 1)D - 2(S - 1)\lambda L = 0 \tag{4.11}$$

$$Z_\lambda = U(p, S, y, L) - U^0 = 0 \quad ; \quad \lambda > 0$$

Operando con (4.10) y (4.11) obtenemos que el nivel eficiente de seguridad se alcanza cuando:

$$S_2^* = 1 - \frac{1}{2(D + L)} \tag{4.12}$$

que coincide con el resultado de máximo bienestar  $S_1^*$ .

Se comprueba que este resultado es efectivamente un máximo después de analizar la forma cuadrática restringida evaluada en el punto  $S_2^*$ :

$$\begin{bmatrix} ds & dp \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_{pp} & Z_{ps} \\ Z_{sp} & Z_{ss} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} ds \\ dp \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ds & -2L(S-1)ds \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & -2(D+\lambda L) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} ds \\ -2L(S-1)ds \end{bmatrix} =$$

$$= -8L^2(S-1)^2(D+\lambda L)ds^2, \quad \text{que evaluada en } S_2^* \text{ nos da:}$$

$$= -8L^2 \left( -\frac{1}{2(D+L)} \right)^2 (D+\lambda L) ds^2$$

Lo cual es negativo para valores de  $D$  y  $L$  positivos. De modo similar a como sucedía con  $S^*_I$ , sólo cuando la compañía y el pasajero anticipen pérdidas nulas, nos encontraremos en un punto de silla.

Por lo tanto, cuando la información es simétrica y bajo los supuestos considerados, un monopolista maximizador del beneficio privado elegiría un nivel de inversión en seguridad idéntico al que seleccionaría un regulador maximizador del bienestar social. Este resultado puede deberse al hecho de que  $S$  sea observable y exista competencia intermodal. No obstante, también podemos encontrar una explicación siguiendo a Spence (1975), aunque en un ámbito en el que las variables de elección del monopolista son calidad y producción. De acuerdo con este autor y manteniendo constante la producción, la empresa ofertaría un nivel de calidad inferior al óptimo si la valoración media que realizan los consumidores de la calidad es superior a la valoración marginal, y a la inversa. Por lo tanto, podemos esperar que el nivel seleccionado por el monopolista coincida con el óptimo social cuando las valoraciones media y marginal sean idénticas, como es el caso que nos ocupa de preferencias homogéneas.

Finalmente, esta coincidencia de resultados también puede deberse a las formas funcionales elegidas, y al hecho de haber considerado una función de bienestar social utilitarista.

#### 4.3.3. Negligencia con pagos ilimitados

En este caso la compañía habrá de pagar el total de los daños si es culpable del accidente, esto es:  $R=K=L$ . En donde  $K$  es la compensación que recibe el pasajero en caso de

accidente,<sup>71</sup> y  $R$  es el pago derivado del régimen de responsabilidad. Los valores de estas variables se suponen también normalizados en el rango  $[0,1]$ .

Las funciones relevantes adoptan la siguiente forma:

$$EU(p, S, y, L) = (y - p)[1 - (S - 1)^2 - \beta] + (y - p - L + K)(S - 1)^2 + (y - p - L)\beta = \\ = y - p - L\beta$$

$$E\pi(p, S, D, R) = (p - S)[1 - (S - 1)^2 - \beta] + (p - S - D - R)(S - 1)^2 + (p - S - D)\beta = \\ = p - S - (D + R)(S - 1)^2 - D\beta$$

En relación a las primeras derivadas de tales funciones ahora sucede que:  $EU_p < 0$ ,  $EU_s = 0$ ,  $E\pi_p > 0$  y  $E\pi_s \geq 0$ , mientras que las derivadas segundas muestran los siguientes signos:  $EU_{pp} = 0$ ,  $EU_{ss} = 0$ ,  $E\pi_{pp} = 0$  y  $E\pi_{ss} \leq 0$ .<sup>72</sup> En este caso resulta novedoso que  $EU_s$  tome valor nulo, lo que se debe al hecho de que el pasajero va a ser compensado en su totalidad por la pérdida que pueda experimentar como resultado de un accidente aéreo. No obstante, compensar totalmente al pasajero de la pérdida que sufre como consecuencia de un accidente es posible a nivel teórico, en la práctica, y dado que estamos considerando accidentes en lo que el pasajero puede perder la vida, esta compensación total es muy difícil de establecer.

Y la función lagrangiana será:

$$Z = p - S - (D + R)(S - 1)^2 - D\beta + \lambda[y - p - L\beta - U^0]$$

Con C.P.O.

<sup>71</sup> Suponemos que el pasajero es indiferente entre recibir la compensación él mismo o que la reciban sus herederos.

<sup>72</sup> Un análisis detallado de las mismas se recoge, asimismo, en el anexo 4.4.

$$Z_p = 1 - \lambda = 0 \quad ; \quad \lambda = 1 \tag{4.11}$$

$$Z_s = -1 - 2(D + R)(S - 1) = 0 \tag{4.12}$$

$$Z_\lambda = EU(p, S, y, L, K) - U^0 = 0$$

Operando con (4.11) y (4.12), y considerando que  $R=K=L$ , llegamos a la condición óptima de:

$$S_3^* = 1 - \frac{1}{2(D + L)} \tag{4.13}$$

Verificamos que se trata de un máximo analizando la forma cuadrática restringida siguiente:

$$\begin{aligned} [ds \quad -2(L - K)(S - 1)ds] & \begin{vmatrix} 0 & 0 \\ 0 & -2[D + R + \lambda(L - K)] \end{vmatrix} \begin{vmatrix} ds \\ -2(L - K)(S - 1)ds \end{vmatrix} = \\ & = -8(L - K)^2(S - 1)^2 ds^2 [(D + R) + \lambda(L - K)] \end{aligned}$$

que evaluada para  $S_3^*$  nos lleva a:

$$-8(L - K)^2 \left( -\frac{1}{2(D + L)} \right)^2 ds^2 [(D + L)]$$

Lo que resulta siempre negativo, a menos que se anticipen pérdidas nulas, en cuyo caso se alcanzaría un punto de silla.

Por tanto si  $R = K = L$ , es decir se le transfiere al pasajero la cantidad suficiente como para compensarle de la pérdida que ha sufrido como consecuencia del accidente, podremos asegurar que se alcanza un máximo que coincide con aquel que es además socialmente óptimo. En este contexto la intervención del regulador se limitaría a la

fijación de la compensación derivada del régimen de responsabilidad, de tal modo que se verificase la condición anterior.

#### 4.3.4. Negligencia con pagos limitados

Ahora si se produce un accidente por culpa del transportista, éste habrá de hacer frente a un pago, que sin embargo se establece con un valor límite determinado. Supondremos que dicho límite viene dado por el valor de los beneficios del período. Esto es, el pago  $R$  es igual a los beneficios del período cuando se produce un accidente del que es responsable la compañía, aunque se verifica que  $R=K$  con  $K < L$ . Bajo estas condiciones de responsabilidad las funciones de utilidad y beneficios esperados son:

$$\begin{aligned} EU(p, S, y, L, K) &= (y - p) [1 - (S - 1)^2 - \beta] + (y - p - L + K)(S - 1)^2 + (y - p - L)\beta = \\ &= y - p - (L - K)(S - 1)^2 - L\beta \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E\pi(p, S, D) &= (p - S) [1 - (S - 1)^2 - \beta] + (0)(S - 1)^2 + (p - S - D)\beta = \\ &= (p - S) [1 - (S - 1)^2] - D\beta \end{aligned}$$

En cuyo caso las derivadas primeras y segundas toman los siguientes signos:<sup>73</sup>  $EU_p < 0$ ,  $EU_s \geq 0$ ,  $E\pi_p > 0$ ,  $E\pi_s \geq 0$ ,  $EU_{pp} = 0$ ,  $EU_{ss} < 0$ ,  $E\pi_{pp} = 0$  y  $E\pi_{ss} < 0$ .

Y la solución óptima vendrá dada por:

$$Z = (p - S) [1 - (S - 1)^2] - D\beta + \lambda [y - p - (L - K)(S - 1)^2 - L\beta - U^0]$$

$$Z_p = 1 - (S - 1)^2 - \lambda = 0 \quad , \quad \lambda = 1 - (S - 1)^2 > 0 \quad (4.14)$$

<sup>73</sup> Véase el anexo 4.4.

$$Z_s = -1 + (S-1)^2 - 2(p-S)(S-1) - 2\lambda(L-K)(S-1) = 0 \quad (4.15)$$

$$Z_\lambda = U(p, S, y, L, K) - U^0 = 0$$

Utilizando el resultado de (4.14) y operando con (4.15) llegamos a:

$$-1 - 2(S-1) \left[ \frac{(p-S)}{1-(S-1)^2} + (L-K) \right] = 0 \quad (4.16)$$

Si en esta expresión resolvemos para  $S$  óptimo, encontramos que la solución es triple y difícilmente interpretable por quedar expresada en términos de  $K$ ,  $L$  y  $p$ . Lo que sí sucede es que se aleja sustancialmente de la solución socialmente óptima, por lo que en esta ocasión el regulador no sólo habría de fijar el régimen de responsabilidad, sino también el nivel de inversión en seguridad. El régimen de responsabilidad de negligencia con pagos limitados introduce distorsiones innecesarias y obliga a regular también el gasto en seguridad de las compañías.

#### 4.3.5. Responsabilidad estricta

En condiciones de responsabilidad estricta la compañía de transporte aéreo ha de hacerse cargo de las pérdidas que sufre el pasajero en todos los casos, y aún cuando ésta no sea la culpable del accidente. Es decir que  $R=K=L$ , tanto cuando la compañía es culpable como cuando no lo es. Con ello las funciones de utilidad esperada y beneficios esperados se concretan en:

$$\begin{aligned} EU(p, S, y, L, K) &= (y-p)[1-(S-1)^2 - \beta] + (y-p-L+K)[(S-1)^2 + \beta] = \\ &= y-p - (L-K)[(S-1)^2 + \beta] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E\pi(p, S, D, R) &= (p - S) [1 - (S - 1)^2 - \beta] + (p - S - D - R) [(S - 1)^2 + \beta] = \\
 &= (p - S) - (D + R) [(S - 1)^2 + \beta]
 \end{aligned}$$

Si ahora procedemos del mismo modo que en los casos anteriores, también encontramos que el nivel de  $S$  elegido por la compañía coincide con aquel que es también socialmente óptimo.

#### 4.4. Conclusiones

Las principales conclusiones que se obtienen del modelo teórico desarrollado son las siguientes:

- (i) La inversión en seguridad socialmente óptima no coincide con el nivel máximo alcanzable. Dicho nivel potencial es factible pero tremendamente costoso, ya que exige que se controlen a la perfección todos los pormenores del servicio de transporte.
- (ii) Si el pasajero conoce el nivel de seguridad de la compañía de transporte aéreo con antelación a la realización del viaje, el resultado que proporciona el tipo de mercado considerado en ausencia de responsabilidad coincide con el nivel socialmente óptimo. Siguiendo a Shavell (1987), en estas circunstancias sería el pasajero quien tuviese que soportar las pérdidas derivadas del accidente, que se incorporarían al coste generalizado del servicio de transporte. Si éste fuese relativamente elevado debido a que la línea aérea haya optado por elegir una  $S$  inferior a la óptima, el pasajero lo incorporaría inmediatamente en su toma de decisión y optaría por viajar a través de otro modo de transporte alternativo. Esta pérdida potencial de clientes hace que las empresas adopten el nivel de cuidado óptimo aún en ausencia de responsabilidad.

(iii) Cuando la compañía de transporte aéreo trabaja en condiciones de negligencia con pagos ilimitados, el pasajero se muestra indiferente ante el nivel de seguridad elegido por el transportista, aunque éste coincide con el que planificaría un regulador maximizador del bienestar social con una función de bienestar utilitarista.

(iv) En condiciones de información perfecta el régimen de negligencia con pagos limitados introduce distorsiones innecesarias y obliga a regular también el gasto de seguridad de las compañías.

(v) Si se tiene en cuenta que toda regulación resulta costosa y en condiciones de información perfecta sobre  $S$ , el mejor sistema de regulación de la responsabilidad es la ausencia del mismo.

(vi) Aún en condiciones de información perfecta, regular la responsabilidad de las líneas aéreas en su forma de negligencia con pagos limitados introduce distorsiones y hace que el nivel de  $S$  elegido se aleje del nivel óptimo. Esta forma de regular la responsabilidad de los transportistas aéreos es la que se aplica actualmente de acuerdo con el Convenio de Varsovia a los vuelos de carácter internacional. Si en condiciones de información perfecta ya introduce una distorsión importante, en los mercados reales donde la información sobre  $S$  asimétrica esta distorsión puede agravarse.

(vii) La regulación de la responsabilidad bajo negligencia con pagos ilimitados, en la línea que ha establecido recientemente la Comisión Europea, es un sistema de regulación que considera en mayor medida las necesidades de los pasajeros y puede constituir la mejor opción cuando la información sobre  $S$  es asimétrica. No obstante, y dado que el modelo presentado no incorpora al análisis dicha asimetría, puede que sea necesario que la regulación del sistema de responsabilidad se complemente, tal como ha hecho ICAO desde su constitución, con un tipo de intervención que además establece el nivel de gasto en seguridad que las líneas aéreas han de realizar.

#### ANEXO 4.1. INFORMACIÓN ASIMÉTRICA

Cualquier mercado se encuentra caracterizado por las normas que rigen la toma de decisiones por parte de oferentes y demandantes más una *estructura informacional*. Milgrom y Roberts (1987) nos proporcionan el siguiente ejemplo que ilustra convenientemente la distinción entre distintas estructuras informacionales. Consideremos tres situaciones en las que pueden encontrarse unos jugadores de cartas. En la primera cada jugador recibe cinco cartas que se colocan boca arriba sobre la mesa, entonces se hacen las apuestas y gana el que tenga las mejores cartas. En la segunda, se reparten también cinco cartas por jugador, exponiéndose boca arriba algunas de las cinco y el resto quedan boca abajo. Sin mirar las cartas boca abajo se hacen las apuestas, luego se vuelven boca arriba y gana la mejor mano. La tercera situación es igual que la segunda, con la salvedad de que los jugadores pueden ver todas sus cartas, incluso las que quedan boca abajo sobre la mesa. Nuevamente se apuesta, se descubren las cartas boca abajo y gana el jugador con las mejores cartas.

En el primer juego hay *información completa* (y simétrica), todos los jugadores tienen toda la información, con lo cual, si se prefiere más dinero a menos, no hay apuestas y probablemente nadie se moleste en jugar. En el segundo tipo de juego, la información es *incompleta* pero *simétrica*, en este juego hay riesgo pero no se genera ningún comportamiento de tipo estratégico. El tercer juego sí que presenta *asimetrías de información*, y aunque hay cierta información dominio de todos los jugadores, cada uno posee información privada sobre el conjunto de sus cartas. En estas condiciones el juego sí permite la introducción de comportamiento estratégico.

La Teoría de Juegos nos ofrece también una importante distinción entre juegos con información imperfecta y juegos con información incompleta. Un juego tiene *información imperfecta* si el jugador al que le toca mover desconoce la evolución del juego hasta ese punto, es decir, no tiene certeza del movimiento realizado por el jugador anterior.

Además, el juego tendrá *información incompleta* si no se conocen algunos de los elementos que definen las reglas del propio juego.

Nuestro interés se orienta hacia la información asimétrica. Es Akerlof, G.A. (1970) el primero que contempla el deterioro en la calidad del producto como consecuencia de la asimetría informacional, centrando su análisis en el mercado de automóviles por su concreción y facilidad más que por su importancia o realismo.

#### *El ejemplo de Akerlof*

Akerlof trata de explicar la diferencia de precios que existe entre un coche nuevo y otro que acaba de salir de la casa de automóviles. El dueño de un buen coche recién estrenado sabe que su coche es bueno y está en perfectas condiciones, y que en ningún sentido es diferente de un coche expuesto en la tienda. Sin embargo cualquier comprador potencial tiene todos los motivos para pensar que hay algo extraño, si no, ¿por qué lo quiere vender?. Ha nacido una asimetría de información, por lo que este automóvil tendrá que venderse al precio medio de mercado para coches con antigüedad de un año. Como resultado los propietarios de coches buenos no tendrán interés en llevar sus coches al mercado dada la imposibilidad de obtener un buen precio por ellos. "El dueño de una buena máquina se encuentra encerrado",<sup>74</sup> en palabras de Akerlof. Los coches de menor calidad o malos, que en América se denominan "lemons" expulsan del mercado a los de mejor calidad.

En un ejemplo continuo de calidades podemos encontrar un comportamiento algo más perverso, llegándose a un resultado en el que el mercado deja de existir. Así los automóviles casi buenos expulsan a los buenos, los medianamente buenos expulsan a los casi buenos, los no tan malos expulsan a los medianamente buenos, y los malos a los no tan malos.

---

<sup>74</sup> Traducción de "The owner of a good machine must be locked in".

Para llegar a esta conclusión el autor presenta el siguiente ejemplo extremo en el que no existe intercambio. Supongamos que la demanda de coches usados depende del precio  $p$  y de la calidad media de los automóviles intercambiados  $\mu$ :

$$Q_d = D(p, \mu)$$

donde  $\mu = \mu(p)$  con  $\mu' > 0$

y la oferta depende sólo del precio

$$Q_s = S(p)$$

En equilibrio la cantidad ofertada iguala a la cantidad demandada para la calidad promedio, es decir, se debe verificar que:

$$S(p) = D(p, \mu(p))$$

Supongamos además que hay dos grupos en el mercado, a los que llamaremos Grupo 1 y Grupo 2. El Grupo 1 cuenta con la siguiente función de utilidad:

$$U_1 = M + \sum_{i=1}^n q_i$$

donde  $M$  es el consumo de otros bienes,  $q_i$  es la calidad del coche  $i$ -ésimo, y  $n$  es el número de calidades (o coches).

Este grupo dispone también de  $N$  coches usados con calidad distribuida uniformemente  $0 \leq q \leq 2$ .

A su vez, la función de utilidad para el Grupo 2 es:

$$U_2 = M + \sum_{i=1}^n \frac{3}{2} q_i$$

Estos participantes son maximizadores de la utilidad tipo von Neumann-Morgenstern. La linealidad de ambas funciones implica que ambos grupos son neutrales al riesgo, además poseen la característica de que el  $k$ -ésimo coche añade la misma utilidad que el primero, con lo que el autor sacrifica realismo para concentrarse en los efectos de la asimetría de información. Finalmente, el precio de otros bienes se normaliza a 1, y el nivel de ingresos para cada grupo es respectivamente  $Y_1$  e  $Y_2$ .

La demanda de coches usados será la suma de las demandas que realizan ambos grupos, que se obtienen a su vez, de un ejercicio de maximización. De este modo la demanda que efectúa el Grupo 1 se obtiene de:

$$\max UE_1 \quad (4.1.1)$$

$$s. a. \quad M + np = Y_1 \quad (4.1.2)$$

donde (4.1.1) recoge la maximización de la función de utilidad esperada, y (4.1.2) es la restricción presupuestaria. Operando tendremos que:

$$UE_1 = E\left(M + \sum_{i=1}^n q_i\right) = M + \sum_{i=1}^n E(q_i) = M + n \quad (4.1.3)$$

despejando en (4.1.2) para  $M$  y sustituyendo en (4.1.3) obtenemos que:

$$\max_n UE_1 = Y_1 - np + n\mu = Y_1 + (\mu - p)n$$

La utilidad esperada es lineal en  $n$ , y por lo tanto maximizada si:

$$D_1 = \frac{Y_1}{p} \quad \text{si} \quad \mu > p$$

$$D_1 = 0 \quad \text{si} \quad \mu < p$$

De forma similar la demanda que realiza el Grupo 2 será:

$$D_2 = \frac{Y_2}{p} \quad \text{si} \quad \frac{3\mu}{2} > p$$

$$D_2 = 0 \quad \text{si} \quad \frac{3\mu}{2} < p$$

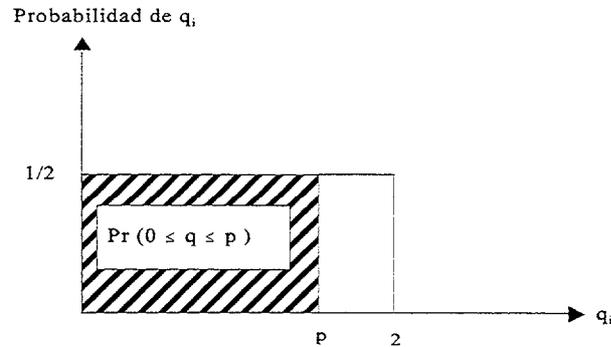
Finalmente, la demanda total será:

$$D(p, \mu) = \frac{Y_1 + Y_2}{p} \quad \text{si} \quad p < \mu$$

$$D(p, \mu) = \frac{Y_2}{p} \quad \text{si} \quad \mu < p < \frac{3\mu}{2}$$

$$D(p, \mu) = 0 \quad \text{si} \quad p > \frac{3\mu}{2}$$

A su vez encontraremos la oferta de coches que realiza el Grupo 1 partiendo de la función de densidad de la calidad recogida en el *gráfico 4.1.1*. La calidad se encuentra distribuida uniformemente entre 0 y 2, por lo que el área en negro de la figura representa la probabilidad de que  $q$  se encuentre entre 0 y  $p$ . Cuando  $p$  es igual a 2 se ofertan todos los coches y el área se iguala a la unidad, por lo que el lado vertical del rectángulo es igual a 1/2.

**Gráfico 4.1.1. Distribución uniforme de la calidad.**

Con ello la oferta efectiva de coches de segunda mano será:

$$S_1 = \frac{1}{2}pN = p \frac{N}{2}$$

ya que los agentes del Grupo 1 estarán dispuestos a llevar sus coches al mercado siempre que el precio sea igual o mayor que la calidad de los mismos. Además la calidad promedio  $\mu$  será igual a  $p/2$ , de acuerdo con la fórmula de la media para el tipo de distribución considerada. Sin embargo, para este nivel de calidad  $\mu = p/2$  la única condición que se satisface de la demanda total es  $p > 3\mu/2$ , por lo que finalmente no hay demanda ni intercambio a ningún precio.

El ejemplo de Akerlof muestra la importancia de la relación entre el precio y la calidad media del producto. Obviamente se trata de un caso extremo elegido para poner de manifiesto que la presencia de automóviles de poca calidad sin identificar impide el intercambio a buen precio de los de mejor calidad.

De este modo, Akerlof inicia una nueva línea de investigación que combina los elementos de la asimetría informacional con una reducción de la calidad. Se trata del fenómeno conocido con el nombre de *Selección Adversa*, que caracteriza aquellos mercados en los que una de las partes implicadas posee más información que la otra acerca de las

características del producto o servicio intercambiado. Por ejemplo, un trabajador puede tener una idea más precisa acerca de su productividad que su jefe, o un productor puede tener un mayor conocimiento de la calidad del producto ofrecido que un consumidor potencial. Si ambas partes son conscientes de la asimetría esto determinará el tipo de contrato que pacten.

Los resultados que genera la presencia de asimetrías de información pueden modelarse utilizando lo que en Economía se considera como un verdadero paradigma, nos referimos al esquema de Principal-Agente. En este esquema el Principal quiere que el Agente adopte decisiones que éste no quiere o no puede tomar, pero el Principal desea que cuando el Agente decida, lo haga como si se tratara del propio Principal, es decir, quiere que actúe en su interés. Este problema de decisión delegada tiene una solución trivial si no existe conflicto de intereses o si la actuación del Agente es observable, sin embargo, si las preferencias son distintas el Principal sólo puede influenciar la acción del Agente a través del contrato que le ofrezca. En este sentido el Principal actúa como un líder a la Stakelberg que formula un contrato para el Agente, dejándole únicamente la opción de aceptarlo o rechazarlo. Al diseñar el contrato el Principal ha de encontrar un sistema de incentivos que permita la internalización por el Agente de los efectos de su actuación, y que por lo tanto premie la decisión adecuada y penalice la inadecuada.

Si la asimetría informacional está referida a la acción que adopta el Agente el problema se denomina de *Acción Oculta*, que en la Teoría de Seguros se conoce como *Riesgo Moral*.<sup>75</sup> Si alternativamente, el Principal desconoce el tipo de Agente al que se enfrenta, la denominación es de *Información Oculta*, o *Selección Adversa*<sup>76</sup> si aplicamos el nombre utilizado en el campo de los seguros. No obstante, la delimitación entre ambos tipos de modelos no resulta siempre clara, pudiéndose considerar la selección adversa como un

---

<sup>75</sup> El ejemplo clásico es el de seguros de incendios.

<sup>76</sup> El ejemplo, en este caso, es el de seguros de vida.



caso especial del riesgo moral.<sup>77</sup> Los cuadros 4.1.1. y 4.1.2. recogen la secuencia temporal de ambos tipos de asimetría.

**Cuadro 4.1.1. Secuencia temporal del problema de Riesgo Moral.**

1	2	3	4	5
El Principal diseña un contrato	El Agente lo acepta o rechaza	El Agente realiza un esfuerzo no verificable	Juega la naturaleza	Resultados y Pagos

**Cuadro 4.1.2. Secuencia temporal del problema de Selección Adversa.**

1.	2	3	4	5	6
La Naturaleza elige el tipo de agente	El Principal diseña un contrato	El Agente lo acepta o rechaza	El Agente realiza un esfuerzo verificable	Juega la naturaleza	Resultados y Pagos

<sup>77</sup> Ver Kreps pp. 629. (1990).

#### ANEXO 4.2. LA FUNCIÓN DE UTILIDAD ESPERADA.<sup>78</sup>

Los individuos deben adoptar decisiones o elegir entre un determinado número de acciones. Si hay incertidumbre es la naturaleza quien decide sobre el estado del mundo. Así el sujeto opta por llevar o no paraguas, mientras que la naturaleza elige si llueve o no. De un modo más general, en condiciones de incertidumbre los elementos del problema de decisión son:

1. Un conjunto de *acciones*  $(I, \dots, x, \dots, X)$  entre las que ha de elegir el sujeto.
2. Un conjunto de *estados*  $(I, \dots, s, \dots, S)$  entre los que elige la naturaleza.
3. Una *función de consecuencias*  $c(x, s)$  que recoge los resultados asociados a combinaciones de acciones y estados.
4. Una *función de probabilidad*  $\pi(s)$  que expresa las creencias del sujeto con respecto a la probabilidad de que la naturaleza elija un determinado estado.
5. Una *función de utilidad elemental*  $v(c)$  que mide la deseabilidad de las distintas consecuencias para el individuo.

La "Regla de la Utilidad Esperada" de von Neumann y Morgenstern (1944), permite que el individuo integre todos estos elementos y decida adoptando la acción más ventajosa. Por ejemplo, en una situación donde hubiesen dos posibles acciones y dos estados de la naturaleza, la matriz de consecuencias sería la siguiente:

	Estado 1	Estado 2
Acción 1	$c_{11}$	$c_{12}$
Acción 2	$c_{21}$	$c_{22}$

La utilidad se asigna directamente a las consecuencias, y sólo por derivación a las acciones, por lo que  $v(c)$  es la función de utilidad definida sobre consecuencias, mientras que  $U(x)$  es la función de utilidad definida sobre acciones. El problema es demostrar

<sup>78</sup> Este apéndice está basado en la descripción realizada por Hirshleifer y Riley (1992).

cómo partiendo de  $v(c)$ , es decir de las preferencias sobre consecuencias, el individuo es capaz de ordenar sus preferencias sobre las acciones a su alcance. La solución llega de la mano de von Neumann y Morgenstern y de su "Regla de la Utilidad Esperada", que se expresa a continuación:

$$U(x) = \pi_1 v(c_{x1}) + \pi_2 v(c_{x2}) + \dots + \pi_s v(c_{xs}) = \sum_{s=1}^S \pi_s v(c_{xs})$$

Con ello la utilidad de la acción  $x$ ,  $U(x)$  se obtiene ponderando las utilidades elementales asociadas a las consecuencias  $v(c_{xs})$  con las probabilidades de ocurrencia de los distintos estados de la naturaleza.

En ausencia de incertidumbre, decidir sobre una acción equivale a seleccionar una consecuencia, con lo que si el individuo ordena las consecuencias en términos de preferencias, simultáneamente también las ordena en términos de acciones. Cuando el riesgo está presente esta ordenación paralela de preferencias no es tan evidente, ya que cada acción lleva asociada una mezcla de posibles consecuencias. La principal contribución de von Neumann y Morgenstern fue mostrar que bajo ciertos supuestos de elección racional, era posible construir una función  $v(c)$ , de naturaleza cardinal que aplicada conjuntamente con la "Regla de la Utilidad Esperada" conducía a una ordenación correcta de acciones.

Seguidamente detallamos los supuestos o axiomas de elección racional en los que se sustenta la demostración de von Neumann y Morgenstern:

*Axioma I o de ordenación:* El individuo debe tener un conjunto de preferencias ordenadas sobre el grupo de posibles consecuencias. Sean  $\succeq$ ,  $\succ$  y  $\sim$  la simbología que representa las relaciones de preferencia débil, preferencia estricta e indiferencia respectivamente, este axioma requiere que  $\succeq$  sea completa, reflexiva y transitiva sobre el conjunto de consecuencias.

*Axioma 2 o de continuidad:* Sean  $c_{x1}$ ,  $c_{x2}$  y  $c_{x3}$  cualesquiera tres posibles consecuencias asociadas a la acción  $x$  tal que  $c_{x1} \succ c_{x2} \succ c_{x3}$ , donde  $c_{x1}$  y  $c_{x3}$  son la mejor y peor consecuencias respectivamente, entonces para  $\alpha \in (0,1)$  se verifica que  $[(\alpha, c_{x1});(1-\alpha, c_{x3})] \sim c_{x2}$ . Es decir, el individuo racional es indiferente entre una consecuencia compuesta construida a su vez con las consecuencias mejor y peor, y un resultado intermedio.

*Axioma 3 o de independencia:* Si se cumple que  $c_{x1} \sim c_{x2}$  entonces tenemos que  $[(\alpha, c_{x1});(1-\alpha, c_{x3})] \sim [(\alpha, c_{x2});(1-\alpha, c_{x3})]$ . Por lo tanto el sujeto decisor es capaz de sustituir dentro de una consecuencia compuesta o lotería entre consecuencias simples que le resultan indiferentes.

### ANEXO 4.3. EL RÉGIMEN DE RESPONSABILIDAD DE LAS LÍNEAS AÉREAS.

La responsabilidad de las líneas aéreas en caso de accidente ocurrido durante un vuelo internacional está regida por el *Convenio de Varsovia* de 12 de octubre de 1929, modificado posteriormente en La Haya en 1955 y en Guadalajara en 1961. En el convenio se presume que la compañía de transporte aéreo es responsable, aunque su responsabilidad está limitada a 10.000 dólares por pasajero. No obstante, si el transportista logra demostrar que adoptó todas las medidas necesarias para evitar el daño, no será considerada responsable y por tanto no procederá la indemnización.

Este sistema de regular la responsabilidad no sólo ha quedado obsoleto en sus límites, sino que deja al pasajero en situación de desamparo, ya que si se desea obtener una indemnización por encima del límite establecido se ha de probar la actuación dolosa de la compañía. Además el Convenio de Varsovia sirve únicamente de marco general, pues posteriormente los distintos países han establecidos sus propios límites,<sup>79</sup> e incluso las propias líneas aéreas han suscrito acuerdos de auto-regulación.<sup>80</sup> Estos límites varían además según el tipo de servicio prestado. En estas circunstancias encontramos que en la mayoría de las ocasiones los pasajeros desconocen cuáles son las condiciones sobre responsabilidad que resultan de aplicación en cada caso.

Esta situación ha sido objeto de análisis por parte de la Comisión Europea, que ya en el tercer paquete de liberalización del transporte aéreo (1992) obligaba a las líneas aéreas a contratar seguros que cubriesen su responsabilidad civil en caso de accidente.<sup>81</sup> Más

---

79

Por ejemplo en España y para todos los servicios el límite de responsabilidad es de 3.5 millones de pesetas.

80

Véase por ejemplo el Acuerdo Intercompañías de IATA firmado en 1995 por 12 compañías aéreas internacionales, incluidas las europeas Austrian Airlines, KLM, SAS y Swissair.

81

Reglamento del Consejo 2407/92.

recientemente, la Comisión ha elaborado un reglamento relativo a la responsabilidad de las compañías aéreas en caso de accidente que:<sup>82</sup>

- a) Elimina cualquier límite legal, convencional o contractual.
- b) Establece que hasta un importe de 100.000 ecus las compañías no podrán excluir o limitar su responsabilidad demostrando que adoptaron todas las medidas necesarias para evitar el perjuicio o que les resultó imposible adoptar dichas medidas.
- c) Fija un plazo máximo de 15 días siguientes a la determinación de la identidad de la persona física con derecho a indemnización, la compañía aérea abonará los anticipos necesarios para cubrir las necesidades económicas inmediatas, de forma proporcional a los perjuicios sufridos. Tales anticipos no serán inferiores a 15.000 ecus en caso de muerte. Esta cantidad se deducirá posteriormente del importe de la compensación, pero no será reembolsable en ningún caso.

Este reglamento, que entrará en vigor un año después de su publicación en el Diario Oficial de las Comunidades Europeas (9 de octubre de 1997) viene a alterar sustancialmente el sistema de responsabilidad de las líneas aéreas comunitarias.

Esta forma de establecer el sistema de responsabilidad se corresponde en gran medida con el sistema de responsabilidad de negligencia con pagos ilimitados, aunque también incorpora algunos aspectos de responsabilidad estricta al establecer que las compañías habrán de pagar hasta un importe de 100.000 ecus aún cuando no sean culpables del suceso.

---

82

Reglamento del Consejo 2027/97.

#### ANEXO 4.4. ANÁLISIS DE LAS DERIVADAS

##### 1. Modelo básico. Ausencia de responsabilidad

La función de utilidad esperada y sus respectivas derivadas son las que se detallan a continuación. Supondremos que  $U(p,y) > U(p,y,L)$ , esto es, la utilidad total en caso de accidente es menor que si éste no se produjese. Sin embargo cuando se trata de evaluar la utilidad marginal del precio supondremos que su valor es muy similar en todos los estados de la naturaleza, es decir  $U_p(p,y) \approx U_p(p,y,L)$ .

$$EU(p,S,y,L) = U(p,y)[1 - \alpha(S) - \beta] + U(p,y,L)[\alpha(S) + \beta]$$

$$EU_p = U_p(p,y)[1 - \alpha(S) - \beta] + U_p(p,y,L)[\alpha(S) + \beta] < 0$$

$$EU_{pp} = U_{pp}(p,y)[1 - \alpha(S) - \beta] + U_{pp}(p,y,L)[\alpha(S) + \beta] < 0$$

$$EU_s = -U(p,y)\alpha_s + U(p,y,L)\alpha_s > 0$$

$$EU_{ss} = -U(p,y)\alpha_{ss} + U(p,y,L)\alpha_{ss} < 0$$

$$EU_{ps} = -U_p(y,p)\alpha_s + U_p(y,p,L)\alpha_s = 0$$

$$EU_{sp} = -U_p(y,p)\alpha_{ss} + U_p(y,p,L)\alpha_{ss} = 0$$

Para cualquier punto sobre la curva de contratos se verifica la condición de tangencia:

$$\frac{\pi_s}{\pi_p} = \frac{EU_s}{EU_p}$$

que diferenciando totalmente nos lleva a:

$$\left[ \frac{\pi_{Sp} \pi_p - \pi_{pp} \pi_s}{\pi_p^2} \right] dp - \left[ \frac{EU_{Sp} EU_p - EU_{pp} EU_s}{EU_p^2} \right] dp + \left[ \frac{\pi_{SS} \pi_p - \pi_{pS} \pi_s}{\pi_p^2} \right] dS - \left[ \frac{EU_{SS} EU_p - EU_{pS} EU_s}{EU_p^2} \right] dS = 0$$

Las expresiones entre corchetes en las que aparece la variable de beneficios toman valor negativo, mientras que las que se refieren a la utilidad esperada son positivos. En estas condiciones podemos asegurar que la curva de contratos tiene pendiente negativa en el plano considerado.

## 2. Modelo básico. Régimen de negligencia con pagos limitados.

Si consideramos que la compañía aérea ha de hacer frente a un pago limitado en caso de accidente, la compensación correspondiente que recibe el pasajero no permitirá una compensación completa, esto es:  $L > K$ . Bajo este supuesto encontramos asimismo que  $U(p, y) > U(p, y, L, K)$ . Haremos el mismo supuesto en cuanto la utilidad marginal del precio, es decir que:  $U_p(p, y) \approx U_p(p, y, L, K)$ .

$$EU(p, S, y, L, K) = U(p, y) [1 - \alpha(S) - \beta] + U(p, y, L, K) \alpha(S) + U(p, y, L) \beta$$

$$EU_p = U_p(p, y) [1 - \alpha(S) - \beta] + U_p(p, y, L, K) \alpha(S) + U_p(p, y, L) \beta < 0$$

$$EU_{pp} = U_{pp}(p, y) [1 - \alpha(S) - \beta] + U_{pp}(p, y, L, K) \alpha(S) + U_{pp}(p, y, L) \beta < 0$$

$$EU_s = -U(p, y) \alpha_s + U(p, y, L, K) \alpha_s > 0$$

$$EU_{SS} = -U(p, y) \alpha_{SS} + U(p, y, L, K) \alpha_{SS} < 0$$

$$EU_{pS} = -U_p(y, p) \alpha_s + U_p(y, p, L, K) \alpha_s = 0$$

$$EU_{Sp} = -U_p(y, p) \alpha_{SS} + U_p(y, p, L, K) \alpha_{SS} = 0$$

Con lo que las curvas de indiferencia tienen la misma forma que en el caso anterior, aunque se trata de otro tipo de funciones, y por tanto de un mapa de curvas distinto.

A su vez la función de isobeneficios adopta la forma siguiente:

$$E \pi = \pi(p, S) [1 - \alpha(S)]$$

Que si diferenciamos totalmente y reordenamos obtenemos que:

$$\frac{dp}{ds} = \frac{\pi \alpha(S)}{\pi_p (1 - \alpha)} - \frac{\pi_s}{\pi_p}$$

Podemos asegurar que esta expresión adopta signo positivo en el punto de tangencia. Si volvemos a derivar el resultado que se obtiene es:

$$\frac{d^2 p}{ds^2} = \frac{1}{\pi_p} \left[ \frac{\pi_s \alpha_s + \pi \alpha_{ss}}{(1 - \alpha)} - \frac{\alpha_s^2 \pi}{(1 - \alpha)^2} - \pi_{ss} \right]$$

Expresión a la que, sin embargo, no se le puede asignar un único signo.

### 3. Modelo básico. Régimen de negligencia con pagos ilimitados.

Bajo este régimen de responsabilidad podemos considerar que la compensación cubre exactamente la pérdida que experimenta el pasajero  $L=K$ , y que por tanto:  $U(p, y) = U(p, y, L, K)$ . Asimismo las utilidades marginales del precio se suponen similares. Con lo que llegamos a:  $EU_p < 0$ ,  $EU_{pp} < 0$ ,  $EU_s = 0$ ,  $EU_{ss} = 0$ ,  $EU_{ps} = 0$  y  $EP_{sp} = 0$ . Esto es, el pasajero es indiferente ante la elección que hace la línea aérea de  $S$ , puesto que las pérdidas que sufre como consecuencia del accidente le son reembolsadas en su totalidad.

#### 4. Desarrollos del modelo. Maximización del bienestar y ausencia de responsabilidad.

Para la maximización del bienestar y la ausencia de responsabilidad tenemos que las funciones de interés y sus derivadas respectivamente son:

$$EU(p, S, y, L) = y - p - L[(S - 1)^2 + \beta]$$

$$E\pi(p, S, D) = p - S - D[(S - 1)^2 + \beta]$$

$$EU_p = -1 < 0$$

$$EU_S = -2L(S - 1) \geq 0$$

$$EU_{pp} = 0$$

$$EU_{SS} = -2L \leq 0$$

$$E\pi_p = 1 > 0$$

$$E\pi_S = -1 - 2D(S - 1) \leq 0$$

$$E\pi_{pp} = 0$$

$$E\pi_{SS} = -2D \leq 0$$

#### 5. Desarrollos del modelo. Negligencia con pagos ilimitados

$$EU(p, S, y, L) = y - p - L\beta$$

$$E\pi(p, S, D, R) = p - S - (D + R)(S - 1)^2 - D\beta$$

$$\begin{aligned}
EU_p &= -1 < 0 \\
EU_S &= 0 \\
EU_{pp} &= 0 \\
EU_{SS} &= 0 \\
E\pi_p &= 1 > 0 \\
E\pi_S &= -1 - 2(D+R)(S-1) \stackrel{\leq}{>} 0 \\
E\pi_{pp} &= 0 \\
E\pi_{SS} &= -2(D+R) \leq 0
\end{aligned}$$

## 6. Desarrollos del modelo. Negligencia con pagos limitados

$$EU(p, S, y, L, K) = y - p - (L - K)(S - 1)^2 - L\beta$$

$$E\pi(p, S, D) = (p - S)[1 - (S - 1)^2] - D\beta$$

$$\begin{aligned}
EU_p &= -1 \\
EU_S &= -2(L - K)(S - 1) \geq 0 \\
EU_{pp} &= 0 \\
EU_{SS} &= -2(L - K) < 0 \\
E\pi_p &= 1 - (S - 1)^2 > 0 \\
E\pi_S &= -1 + (S - 1)^2 - 2(p - S)(S - 1) \stackrel{\leq}{>} 0 \\
E\pi_{pp} &= 0 \\
E\pi_{SS} &= 4(S - 1) - 2(p - S) < 0
\end{aligned}$$

## 5. SEGURIDAD, TARIFAS AÉREAS Y BENEFICIOS EMPRESARIALES: UNA APLICACIÓN EMPÍRICA

### 5.1. Introducción

Cuando un sujeto ha de realizar un viaje se le plantea una doble elección. En primer lugar ha de elegir un modo de transporte entre los disponibles en la ruta de interés; seguidamente, habrá de seleccionar un transportista de entre todos los operadores que ofrecen el servicio de transporte requerido. Esta doble elección se realiza siguiendo el principio de maximización de la utilidad, aunque en un entorno en el que el sujeto decisor no posee toda la información necesaria en materia de seguridad. De este modo, y si decide utilizar el modo de transporte aéreo desconocerá si la compañía que ha elegido es segura o de riesgo. No obstante, puede que se encuentre presente algún tipo de señal que le permita obtener una mayor información e inferir qué tipo de transportista ha seleccionado.

En la literatura podemos encontrar varias referencias a la variable de beneficios como indicador del grado de seguridad con que operan los transportistas (Golbe, 1986; Rose, 1989 y Rose, 1990).<sup>83</sup> Estos trabajos proporcionan cierta evidencia como para aceptar la hipótesis de que los operadores con mayores márgenes de beneficios sean los más seguros, y que por tanto los beneficios de las líneas aéreas hayan de ser vigilados por las autoridades de aviación civil. Sin embargo es posible que el mecanismo de precios proporcione una señal similar, de forma que a igualdad de costes y demanda, las compañías de mayores precios tendrían también más beneficios, y consiguientemente un menor riesgo de accidente. En tal caso los pasajeros contarían con otro elemento, ciertamente de mayor disponibilidad para los mismos que los beneficios de las compañías, con el que formar sus expectativas sobre el grado de seguridad con que opera una determinada línea aérea.

---

83

Véase la sección 3.2 de este trabajo.

El propósito de este capítulo es doble. En primer lugar se desea comprobar si dicha señal está disponible, de manera que se pueda inferir que las líneas aéreas baratas sean las de mayor riesgo. Esta idea de que las líneas aéreas puedan sustituir seguridad por menores precios ya ha sido tratada a nivel teórico en el capítulo 4 del presente trabajo; se trata ahora, por tanto, de contrastarla haciendo uso de los datos disponibles. En segundo lugar se pretende estudiar la naturaleza del vínculo existente entre seguridad y beneficios en la línea de los trabajos mencionados anteriormente aunque, en lugar de datos de compañías estadounidenses, se hará uso de estadísticas referidas a transportistas europeos.

## 5.2. Fuentes y tratamiento de los datos

La base de datos utilizada está compuesta por un grupo de 31 líneas aéreas que incluye la mayoría de las compañías miembros de la Asociación Europea de Líneas Aéreas (AEA) y a 10 compañías no europeas que se utilizan como grupo de control, de manera que se pueda comprobar que los resultados obtenidos sean independientes de la muestra seleccionada. Este último grupo de líneas aéreas ha sido elegido siguiendo un criterio de disponibilidad de datos.

Los datos sobre accidentes proceden del *World Directory of Airliner Crashes* (1996) y se incorporan a la base de datos para el período 1970-95.<sup>84</sup> Los datos sobre ingresos y nivel de actividad de las compañías europeas han sido recogidos de diversos *Informes Anuales y Apéndices Estadísticos* publicados por AEA y resultan disponibles para el período 1984-95. La información relacionada con las empresas no europeas se ha obtenido para el período 1985-95 de varios números del *World Air Transport Statistics* que la Asociación Internacional de Líneas Aéreas (IATA) publica anualmente. Finalmente también se ha recurrido al *Financial Data* que publica la Organización Internacional de

---

84

Para las compañías Air Malta y British Airways este período comienza en 1974, que es el año en que se constituyen como tales; Icelandair, por el mismo motivo, se incluye en la muestra a partir de 1973. Finalmente la compañía Eastern Airlines desaparece en 1990.

Aviación Civil (ICAO) para obtener los datos de ingresos de las compañías extranjeras y la información relativa a los costes. En los anexos 5.1 y 5.2 se ofrece una recopilación de los datos de actividad, ingresos y costes para, respectivamente, las líneas aéreas miembros de AEA y los transportistas no europeos.

Los datos de ingresos y costes de las compañías se recogen de las fuentes originales ya convertidos a dólares y son deflactados utilizando el deflactor del PNB para la economía estadounidense. No obstante para deflactar los valores nominales de dichas variables se podrían haber utilizado alternativamente los distintos índices de inflación para cada país en el que radican las compañías, sin embargo la naturaleza internacional de los servicios de transporte aéreo y, por tanto, la naturaleza internacional de gran parte de los costes en que incurren las líneas aéreas nos ha hecho optar por el tratamiento mencionado.

### 5.3. Análisis descriptivo de los datos sobre accidentes

Los gráficos 5.1 a 5.10 proporcionan una primera comparación de las compañías aéreas de la muestra agrupando las europeas de un lado y el resto, o no europeas, de otro. Dentro del grupo europeo, y si se contempla el número de accidentes acaecidos en los últimos 26 años, destacan los picos de THY (Turkish Airlines) seguida muy de cerca por las compañías de bandera española, la francesa y la húngara. En términos de número de víctimas THY se distancia sustancialmente del resto e Iberia se sitúa a un nivel similar al de Alitalia que sin embargo experimentó menor número de accidentes; destaca el bajo número de víctimas de Air France a pesar de haber sufrido diez accidentes. También es interesante resaltar que se dan cuatro casos de compañías con cero accidentes (Air Malta, Finnair, Icelandair y Luxair), y otros casos de cero víctimas a pesar de haber sufrido varios accidentes (Aer Lingus, Sabena y SAS).

En lo que respecta a las líneas aéreas no europeas sorprende la situación de la australiana Qantas, que no cuenta con accidentes en su historia reciente. Por número de accidentes sobresale la TWA (Trans World Airlines), aunque es la compañía de bandera japonesa

la que tiene, con diferencia, el mayor número de víctimas. No obstante se requiere de un análisis más riguroso que considere las características diferenciadoras de cada compañía antes de poder alcanzar una conclusión relativa al grado de seguridad con que operan.<sup>85</sup>

El análisis de la tendencia muestra que para ambos grupos de compañías se produce un fenómeno de decrecimiento, tanto si se analiza la evolución del número de accidentes, como si se considera la tasa de accidentes por cada 100 millones de pasajeros kilómetro. Destaca, sin embargo, el comportamiento errático de las compañías miembros de AEA en los últimos años de la muestra, al contrario que las no europeas cuya tasa se mueve mas suavemente alrededor de la tendencia.

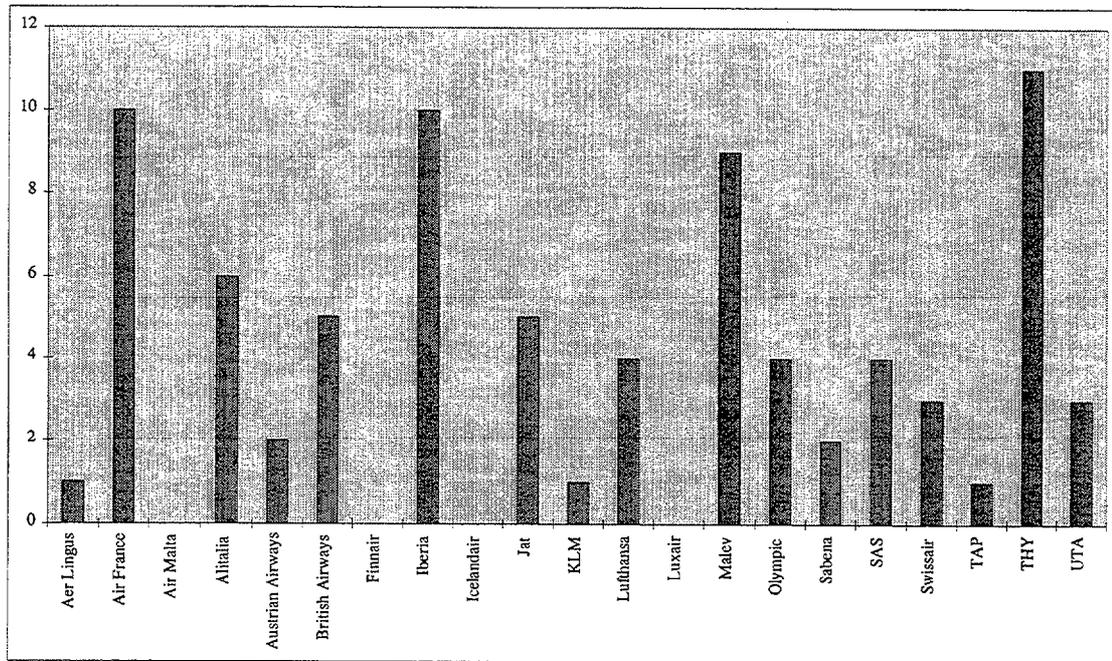
Finalmente cuando se comparan las tasas de accidentes por grupos de compañías encontramos que, excepto para 1987 y 1992, viajar con el grupo de líneas aéreas europeas implicaba un mayor riesgo de accidente. Con el fin de contrastar este resultado, la comparación por grupos se introduce en el análisis econométrico de la siguiente sección.

---

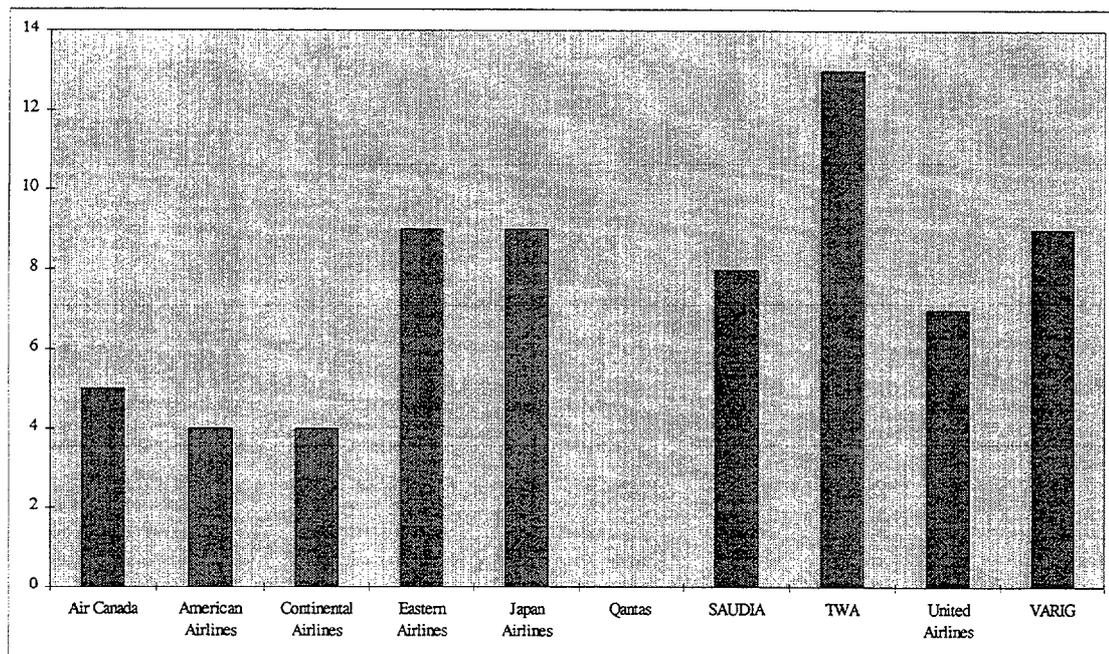
85

De hecho, se estimaron de forma tentativa varios modelos mediante la inclusión de dummies de compañías. Sin embargo la limitación de grados de libertad dada la agregación a valores medios realizada impidió obtener buenos ajustes.

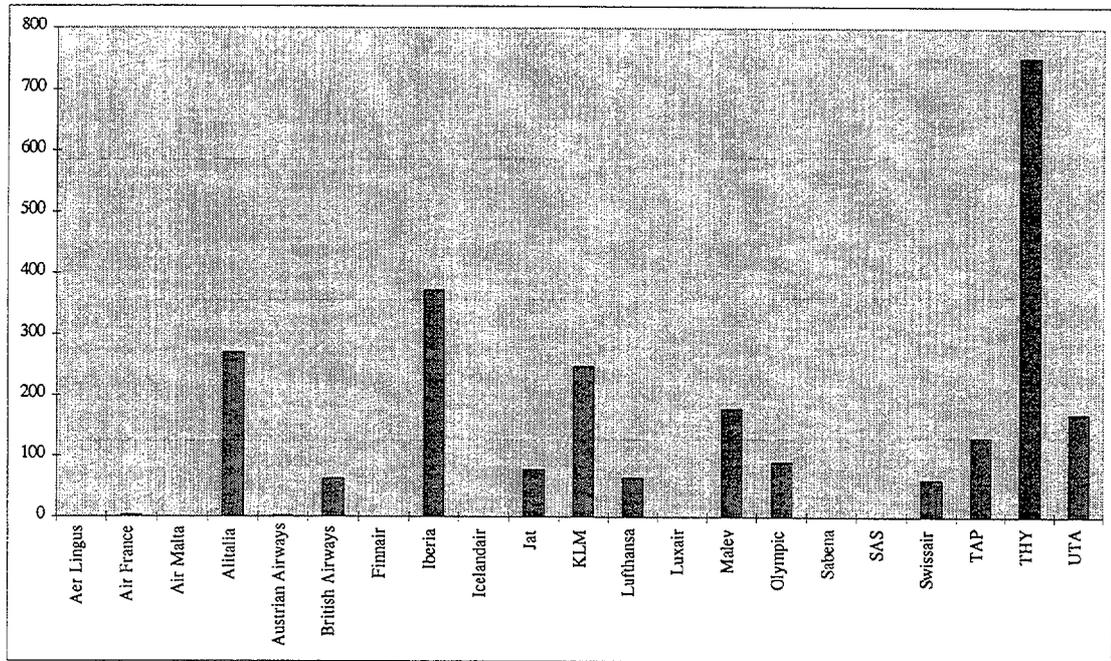
**Gráfico 5.1. Número de accidentes para las compañías europeas. 1970-1995**



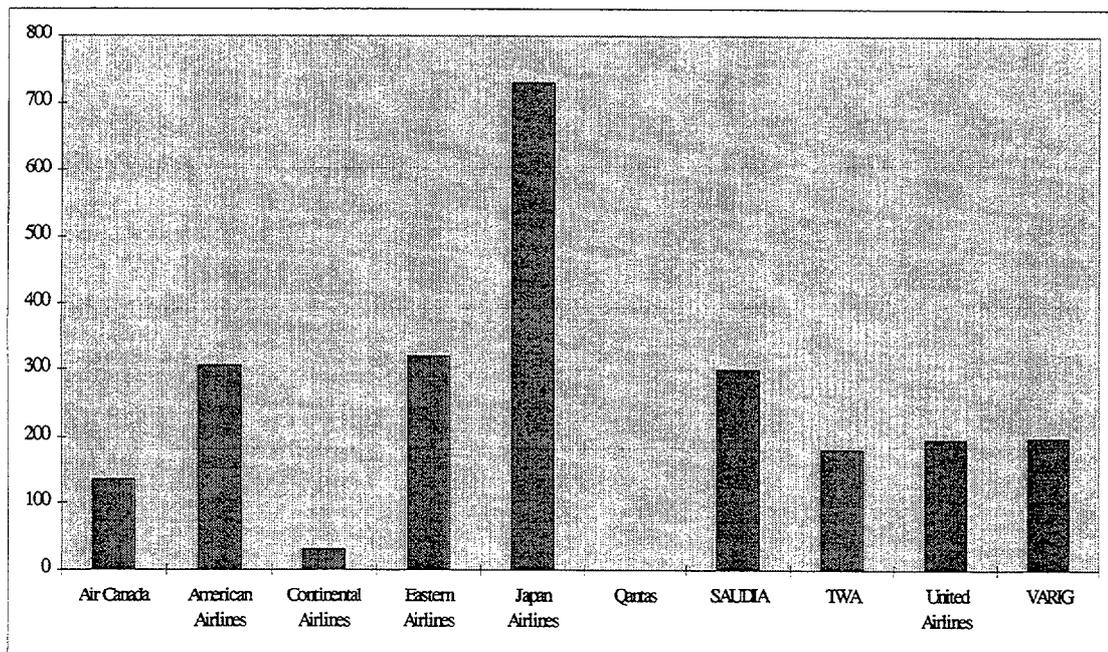
**Gráfico 5.2. Número de accidentes para las compañías no europeas. 1970-1995**



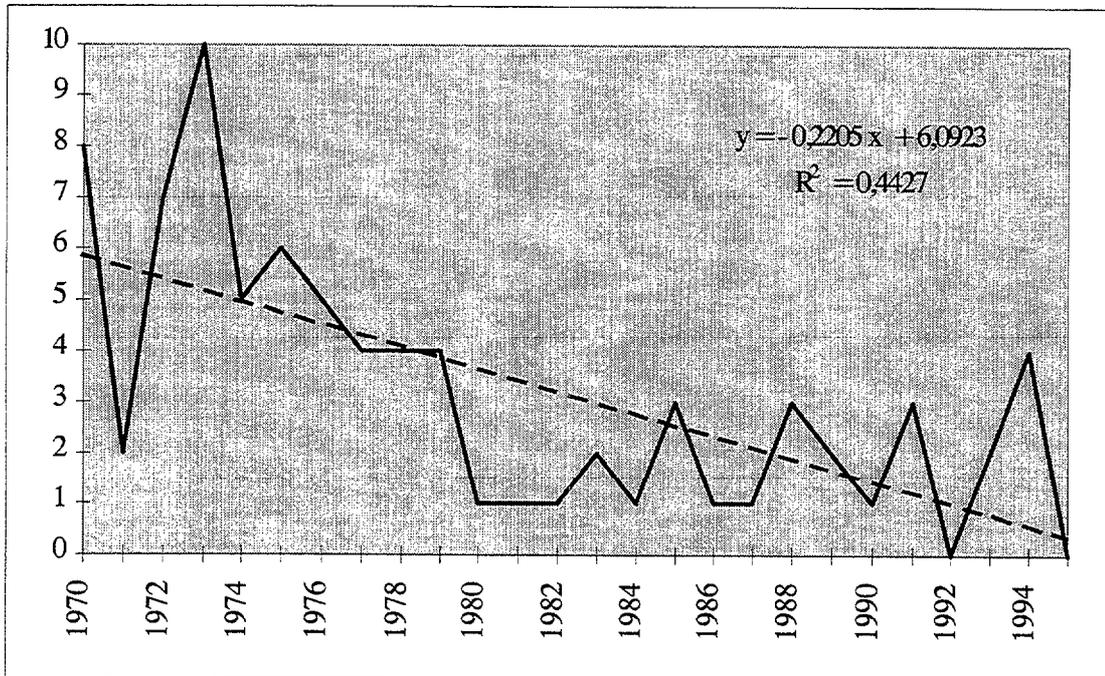
**Gráfico 5.3. Número de víctimas mortales en accidentes para las compañías europeas. 1970-1995**



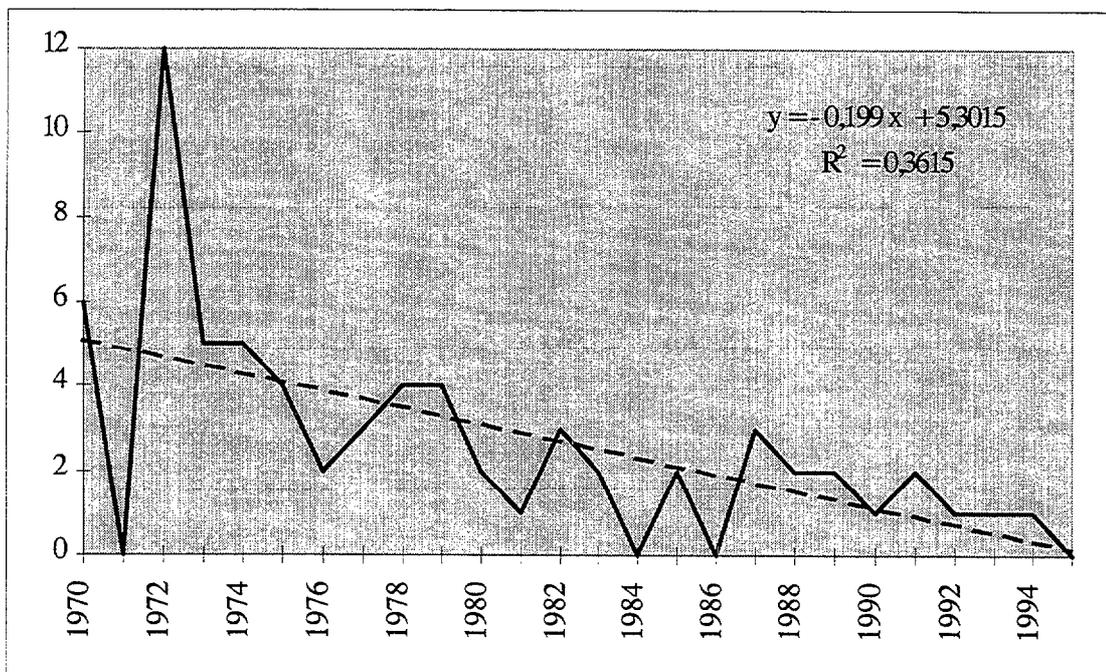
**Gráfico 5.4. Número de víctimas mortales en accidentes para las compañías no europeas. 1970-1995**



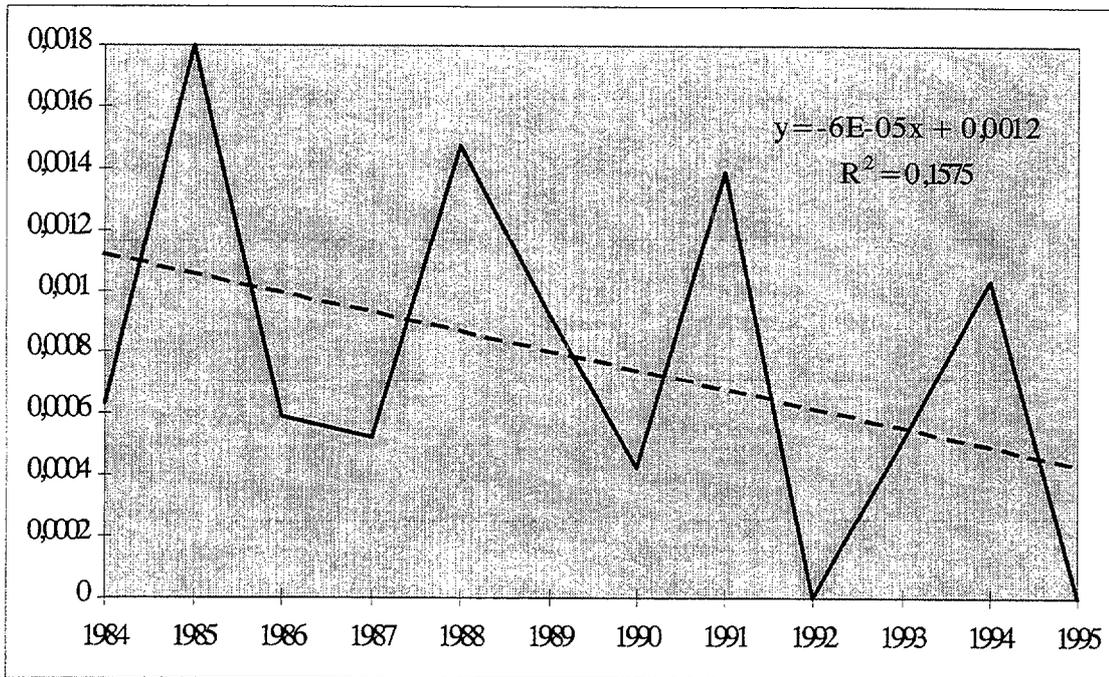
**Gráfico 5.5. Evolución del número de accidentes para las compañías europeas.**



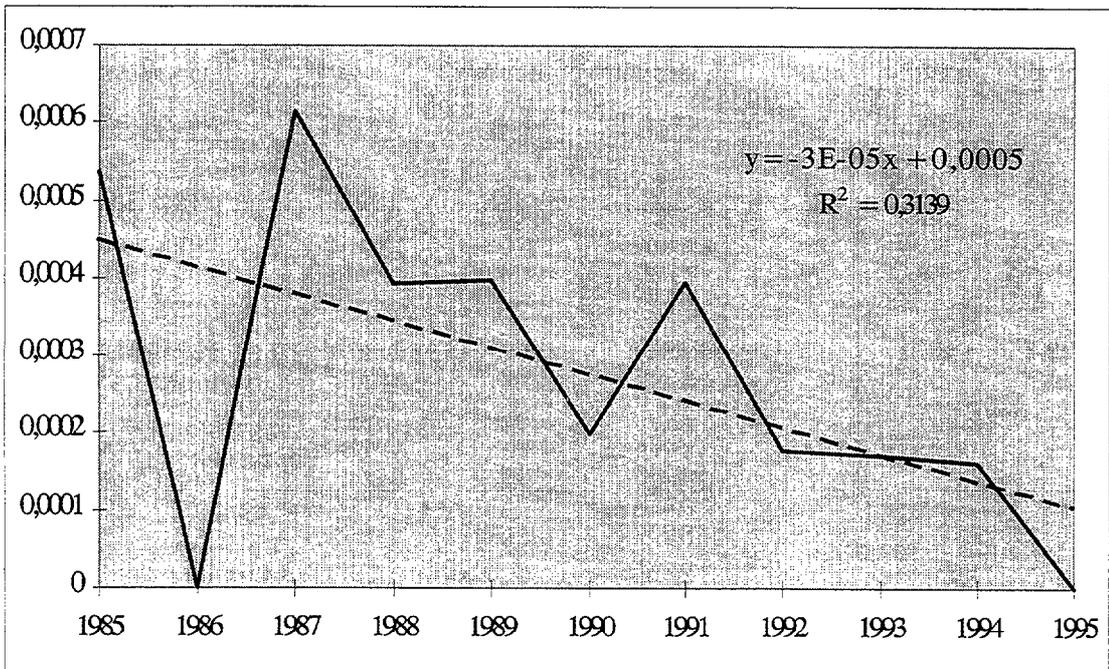
**Gráfico 5.6. Evolución del número de accidentes para las compañías no europeas.**



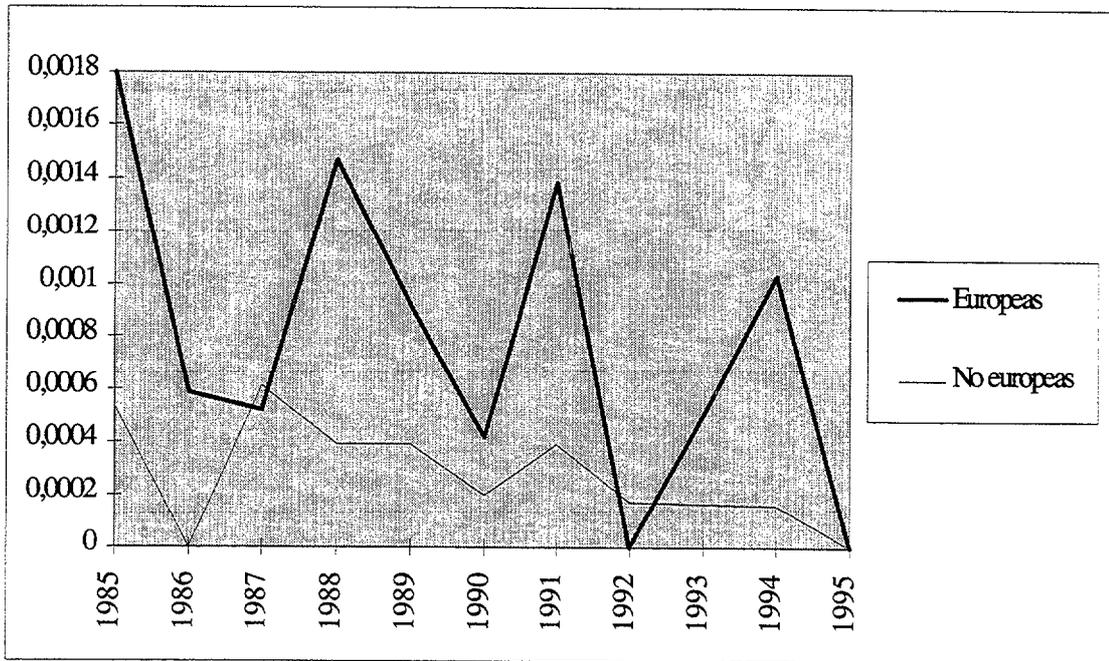
**Gráfico 5.7. Evolución de la tasa de accidentes por cada 100 millones de Pas-km. Compañías europeas.**



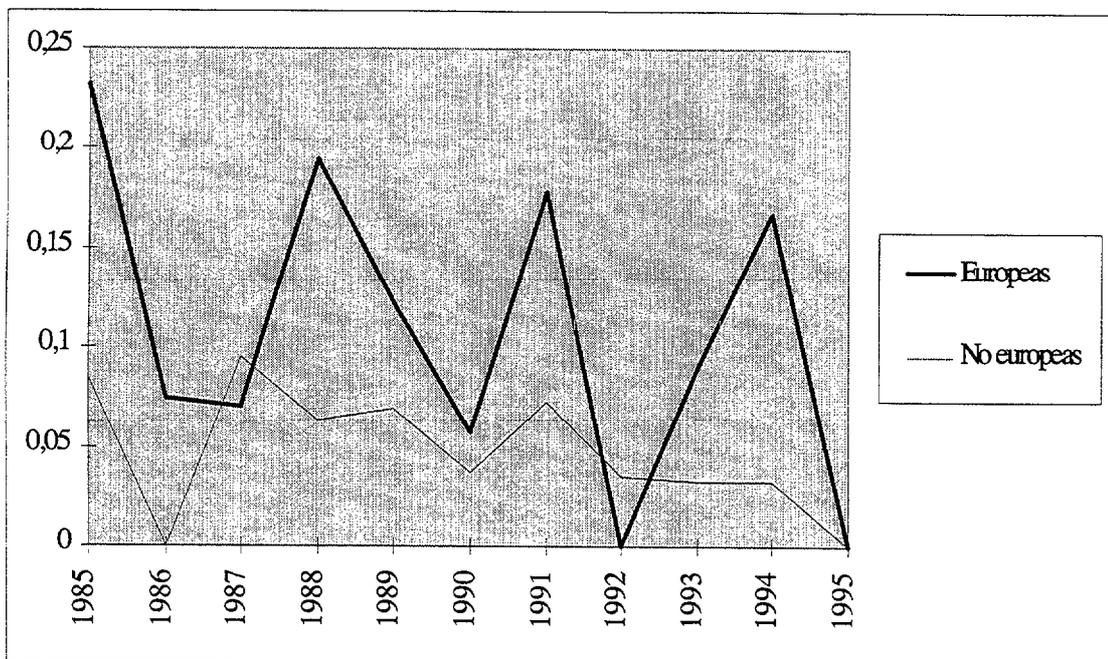
**Gráfico 5.8. Evolución de la tasa de accidentes por cada 100 millones de Pas-km. Compañías no europeas.**



**Gráfico 5.9. Comparación de la tasa de accidentes por cada 100 millones de Pas-Km.**



**Gráfico 5.10. Comparación de la tasa de accidentes por cada 100 mil aterrizajes.**



## 5.4. Análisis econométrico

### 5.4.1. Metodología

El análisis que se realiza en la presente sección se encuentra en la misma línea de investigación que el realizado por Rose (1990). En dicho trabajo se asume que la distribución de probabilidad de Poisson proporciona una especificación estocástica natural para tratar los accidentes aéreos, ya que permite captar adecuadamente la característica de suceso raro que poseen los accidentes e incidentes aéreos.

En términos más generales la regresión de Poisson es utilizada para analizar datos de naturaleza *count* (enteros no negativos). El modelo establece que cada observación  $y_i$  se extrae de una distribución de Poisson con parámetro  $\lambda_i$ , que a su vez depende del conjunto de regresores  $x_i$ , siendo la función de densidad del modelo la siguiente:<sup>86</sup>

$$\text{Prob}(Y_i = y_i) = \frac{e^{-\lambda_i} \lambda_i^{y_i}}{y_i!}, \quad y_i = 0, 1, 2, \dots$$

A su vez la formulación más común para  $\lambda_i$  es:

$$\ln \lambda_i = \beta' x_i$$

Se puede demostrar que:

$$E[y_i | x_i] = \text{Var}[y_i | x_i] = \lambda_i = e^{\beta' x_i}$$

Esta coincidencia entre la media y la varianza de  $y_i$  es uno de los aspectos del modelo de Poisson sobre el que se han vertido más críticas, lo que ha dado lugar a una serie de

---

86

Véase Greene (1993).

especificaciones alternativas que prescinden de dicho supuesto o al establecimiento de los llamados tests de sobredispersión en los que éste se somete a consideración.<sup>87</sup>

El modelo econométrico de Poisson es simplemente una regresión no lineal cuyos parámetros pueden estimarse eficiente y consistentemente por máxima verosimilitud, siendo el logaritmo de la función de verosimilitud:

$$LL = \sum_i [-\lambda_i + y_i \beta' x_i - \ln y_i!]$$
 (1)

Este modelo también permite incorporar variables de exposición al riesgo de accidente. Estas reflejan el grado de exposición de acuerdo con el cual se analiza la variable dependiente para cada observación, lo que permite interpretar que lo que se está explicando es una tasa de accidente o mortalidad.<sup>88</sup>

En dicho caso el logaritmo de la función de verosimilitud pasa a ser del tipo utilizado por Rose (1990). Dado que esta autora utiliza datos de panel, en la especificación del modelo se incluye también la dimensión de serie temporal, con lo que finalmente el logaritmo de la función de verosimilitud es:

$$LL = \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^{T_i} [-\lambda_{it} D_{it} + y_{it} \beta' x_{it} - \ln(y_{it}!) + y_{it} \ln(D_{it})]$$
 (2)

Donde el elemento  $D_{it}$ , que se refiere al número de salidas (o aterrizajes), es la variable de exposición. En este caso el valor esperado es:

$$E[y_i | x_i] = D_{it} e^{\beta' x_{it}}$$

---

87

Véase Hausman et.al. (1984), McCullagh y Nelder (1983) y Cameron y Trivedi (1986 y 1990).

88

La variable de exposición no se incluye cuando se supone desconocida.

Las variables de las que disponemos para aproximar el nivel de seguridad con que opera una compañía aérea son del tipo de variables *output*:<sup>89</sup> número de accidentes y número de víctimas mortales correspondientes ( $y_i$ ). Estas variables, al ser de naturaleza discreta, también podrían ser modelizadas mediante la utilización de modelos del tipo logit o probit. Por ejemplo podríamos analizar si una línea aérea ha tenido un accidente o no en un determinado año, y asignarle respectivamente valores uno o cero a la variable dependiente (modelos de elección binaria).<sup>90</sup> Si se produjese más de un accidente para una misma compañía en un sólo año, la variable a explicar tomaría valores superiores a uno, aunque no muy alejados del mismo dada la infrecuencia de los accidentes. En este caso también podríamos aplicar los modelos mencionados aunque se trataría de modelos de elección múltiple o multinomiales. Sin embargo la preponderancia de ceros en la variable dependiente cuando se analizan datos de accidentes sitúa al modelo de Poisson como la mejor alternativa disponible.

#### 5.4.2. Modelización

Tanto la variable de número de accidentes como la de número de víctimas por compañía proporcionan de forma agregada lo que ha sucedido en la muestra completa (1970-1995). Para explicar estas variables, hemos seleccionado un conjunto de factores que recogen tanto características operativas o de exposición de las líneas aéreas como variables financieras ( $x_i$ ). Con el fin de disponer de datos de la misma naturaleza agregada que el número de accidentes o víctimas, estos regresores se introducen como medias del período, aunque tales valores medios se calculan para el sub-período de tiempo en que se encuentran disponibles (1984-1995 para las compañías europeas y 1985-1995 para las no europeas).

---

89

Véase la sección 2.2.1 de este trabajo.

90

Para la base de datos descrita anteriormente se estimaron también modelos logit binarios. Las estimaciones obtenidas resultaron con poco poder explicativo por lo que se optó definitivamente por las estimaciones de Poisson.

Al proceder de este modo logramos que las variables output proporcionen mayor información acerca del grado de seguridad con que trabajan las compañías de transporte aéreo, aunque se elimina el aspecto dinámico del modelo y se reducen sustancialmente los grados de libertad con los que se trabaja. Ha de considerarse que cuando una determinada línea aérea sufre un accidente, éste puede ser el resultado de un modo determinado de operar, esto es, de la forma en que el transportista ha invertido e invierte en seguridad. Modificar tal comportamiento es difícil, y probablemente persista en el tiempo. Este tratamiento difiere de la metodología empleada por Rose (1990) que considera específicamente datos de panel.

En primer lugar hemos de comprobar si las variables a explicar siguen una distribución de Poisson. Los tests realizados nos permiten aceptar que la variable número de accidentes se comporta como tal, aunque sólo si los accidentes se contabilizan para todo el período.<sup>91</sup> Si realizamos el mismo ejercicio para la variable víctimas mortales encontramos que también se comporta como una variable de Poisson independientemente de que tomemos el período completo o a partir de 1984. Esta es la razón por la que se estiman los dos primeros tipos de modelos. Finalmente, también se considera el análisis de tasas de accidente mediante el uso de variables de exposición, lo cual queda recogido por una tercera categoría de modelos. Estos se comentan a continuación.

1. Regresamos número de accidentes para la muestra completa contra un conjunto de variables explicativas, aunque éstas resultan disponibles sólo para el subperíodo 1984-1995. Los resultados de esta estimación, cuyo objetivo principal es analizar el efecto de las tarifas (ingresos medios) sobre la seguridad medida por el número de accidentes, se presentan en el *cuadro 5.1*. En este caso la función a maximizar es del tipo recogido por la expresión (1).

---

91

El test que se realiza es una medida de la bondad del ajuste ( $\chi^2$ ) de una regresión de Poisson en la que la variable que se supone distribuye como tal se regresa contra una constante.

2. Regresamos número de víctimas mortales contra un conjunto de regresores para la sub-muestra 1984-1995. Adicionalmente podemos modelizar dicha variable condicionada a que haya habido accidente o no. En el primer caso se analiza la gravedad del accidente medido por el número de víctimas. En el segundo caso lo que se contempla es el riesgo compuesto de sufrir un accidente y la gravedad del mismo, ya que también se incluyen en la muestra aquellos casos en los que no hay accidente como situaciones de cero víctimas. Las estimaciones de estos modelo se presentan en los cuadros 5.2 a 5.4. Igualmente se busca estudiar la naturaleza del vínculo existente entre precios y seguridad cuando ésta se aproxima por el número de víctimas. El logaritmo de la función de verosimilitud es también del tipo recogido en (1).

3. Introducimos las variables de pasajeros-km y número de aterrizajes como medidas de exposición cuando se explica el número de víctimas mortales en el período 1984-1995 sin estar condicionada al suceso accidente. En este caso la interpretación de las variables a explicar es en forma de tasa de riesgo por cada millón de pasajeros-km o aterrizajes. Nuevamente se analiza el efecto de las tarifas sobre la seguridad. Además se introduce la variable de beneficios (margen operativo) con el fin de contrastar, haciendo uso de datos de transportistas europeos, resultados previos de la literatura relacionados con el efecto de los beneficios sobre la seguridad. Los parámetros estimados se presentan en los cuadros 5.5 y 5.6. El logaritmo de la función de verosimilitud es ahora del tipo representado en la ecuación (2), aunque sin subíndices  $t$  por haberse eliminado la dimensión temporal en el proceso de agregación de las variables.

Para todos los modelos se realiza la regresión considerando el conjunto total de transportistas, y posteriormente con el fin de comprobar la robustez de los resultados se distingue entre compañías europeas y no europeas.

Las variables relevantes utilizadas se presentan en la siguiente tabla:

VARIABLE	TIPO	DESCRIPCIÓN
NAPC	$y_i$	Número de accidentes por compañía (1970-1995).
NVPC84	$y_i$	Número de víctimas mortales por compañía (1984-1995).
NANV84	$y_i$	Número de accidentes multiplicado por el número de víctimas mortales (1984-1995).
IME	$x_i$	Ingreso medio de tráfico en términos de pasajeros-km (\$ centavos).
OCOST	$x_i$	Coste operativo total (\$ miles).
PASKM	$x_i$ <i>exposición</i>	Pasajeros-Km (millones).
KMVOL	$x_i$	Kilómetros volados (millones).
NATERR	$x_i$ <i>exposición</i>	Número de aterrizajes (millones).
MAROPE	$x_i$	Margen operativo (\$ cents.) definido como: $\frac{\text{Ingreso medio de tráfico} - \text{Coste operativo medio}}{\text{Ingreso medio de tráfico}}$
DISPRO	$x_i$	Distancia promedio anual en kilómetros. Se obtiene dividiendo los kilómetros volados entre el número de aterrizajes para cada compañía.
DUMTIP	$x_i$	Variable dummy que toma valor uno para las líneas aéreas europeas y cero para las no europeas.

### 5.4.3. Resultados

Con respecto a las estimaciones recogidas en los cuadros 5.1 a 5.4 podemos afirmar que el comportamiento de la variable NAPC no resulta tan bueno como el NVPC84, de hecho su relación con IME es sólo robusta para uno de los modelos que considera todo el conjunto de compañías. Esto podría explicarse por la extraña naturaleza de los accidentes. A pesar de haber considerado este hecho al asumir que los accidentes se distribuyen como una variable de Poisson, necesitaríamos un montante considerable de información, lo que nuestra muestra parece no proporcionar cuando se analizan compañías europeas y no europeas por separado, e incluso cuando se incorporan todas las compañías en una única estimación. Sin embargo sí parece que existe una relación negativa y robusta (al 10%) para el primero de los modelos del conjunto total de compañías, entre precios y seguridad, por lo que aquellas compañías con mayores ingresos medios podrían haber experimentado un menor número de accidentes.

En lo que respecta a la variable NVPC84 condicionada a accidente, encontramos que su relación con IME es siempre negativa y robusta a la muestra seleccionada. Parece ser el caso de que cuanto menor sea el ingreso medio (tarifa) mayor es el número de víctimas que se producen en los accidentes, y por tanto el riesgo de muerte para el pasajero. Sin embargo cuando dicha variable recoge también las situaciones de cero accidente (cuadro 5.3), el parámetro de la variable IME adopta signo positivo para la sub-muestra de empresas no europeas, aunque en tal caso el tamaño de la muestra y los grados de libertad se reducen considerablemente. Este mismo resultado se obtiene si se repiten las estimaciones haciendo uso de la variable producto NANV84 (cuadro 5.4).

Se han introducido varios factores de control para homogeneizar para distintos niveles de actividad y costes. OCOST presenta en la mayoría de los casos un efecto positivo sobre el número de accidentes y víctimas, con lo que a igualdad de precios y demás regresores, compañías con mayores niveles de costes estarían afectadas por un mayor número de accidentes y víctimas. El resto de los factores de control ostentan casi siempre el signo esperado. Las variables PASKM y KMOVOL se relacionan inversamente con las

variables a explicar, recogiendo el hecho de que cuanto mayor sea la distancia recorrida menor será el número de accidentes y víctimas, ya que alrededor del 70% de los accidentes se producen en las fase de despegue, ascenso inicial, aproximación final y aterrizaje.

Sin embargo, la variable NATERR presenta en la mayoría de las estimaciones signos contrarios a lo esperado. Según el argumento anterior la mayoría de los accidentes se producen en las fases de vuelo relacionadas con el aterrizaje o el despegue. De acuerdo con ello, lo que podríamos esperar a priori es que cuanto mayor sea el número de aterrizajes mayor sea también el riesgo de accidente. Esto parece ser un problema de la muestra seleccionada, en la que hay transportistas muy similares, y en la que sobresale el hecho de que las líneas aéreas que más pasajeros transportan y más distancia recorren son al mismo tiempo las que mayor número de aterrizajes realizan, tal como recogen los *gráficos 5.11 y 5.12*, y los coeficientes de correlación entre éstas variables que superan en todos los casos el valor de 0.9. Si quisiésemos obtener resultados concluyentes al respecto necesitaríamos de una muestra heterogénea donde se incluyan también transportistas regionales, caracterizados precisamente por recorrer distancias menores, transportar un menor número de pasajeros y por llevar a cabo aterrizajes y despegues con mayor frecuencia relativa.

Las estimaciones recogidas en las *cuadros 5.5 y 5.6* incorporan las variables de pasajeros kilómetro y número de aterrizajes como variables de exposición, por lo que ahora la variable a explicar tiene la interpretación de una tasa de accidente/mortalidad. La principal novedad de este tipo de modelos es la incorporación de la variable MAROPE con la que se pretende examinar el efecto de los beneficios sobre la seguridad. En todos los casos esta variable resulta significativa en la explicación de la correspondiente tasa, además ostenta el signo negativo que esperábamos a priori. Este resultado indica que las compañías en situación financiera delicada han estado sustituyendo seguridad por beneficios, siendo robusto al tipo de muestra seleccionada. No obstante, y de acuerdo con lo expuesto en el capítulo 3, si bien es cierto que los beneficios explican el nivel de

seguridad con que trabaja un transportista, también encontramos que este nivel de seguridad puede determinar sus beneficios futuros debido a un efecto de reputación. Puede existir por tanto un problema de causalidad.

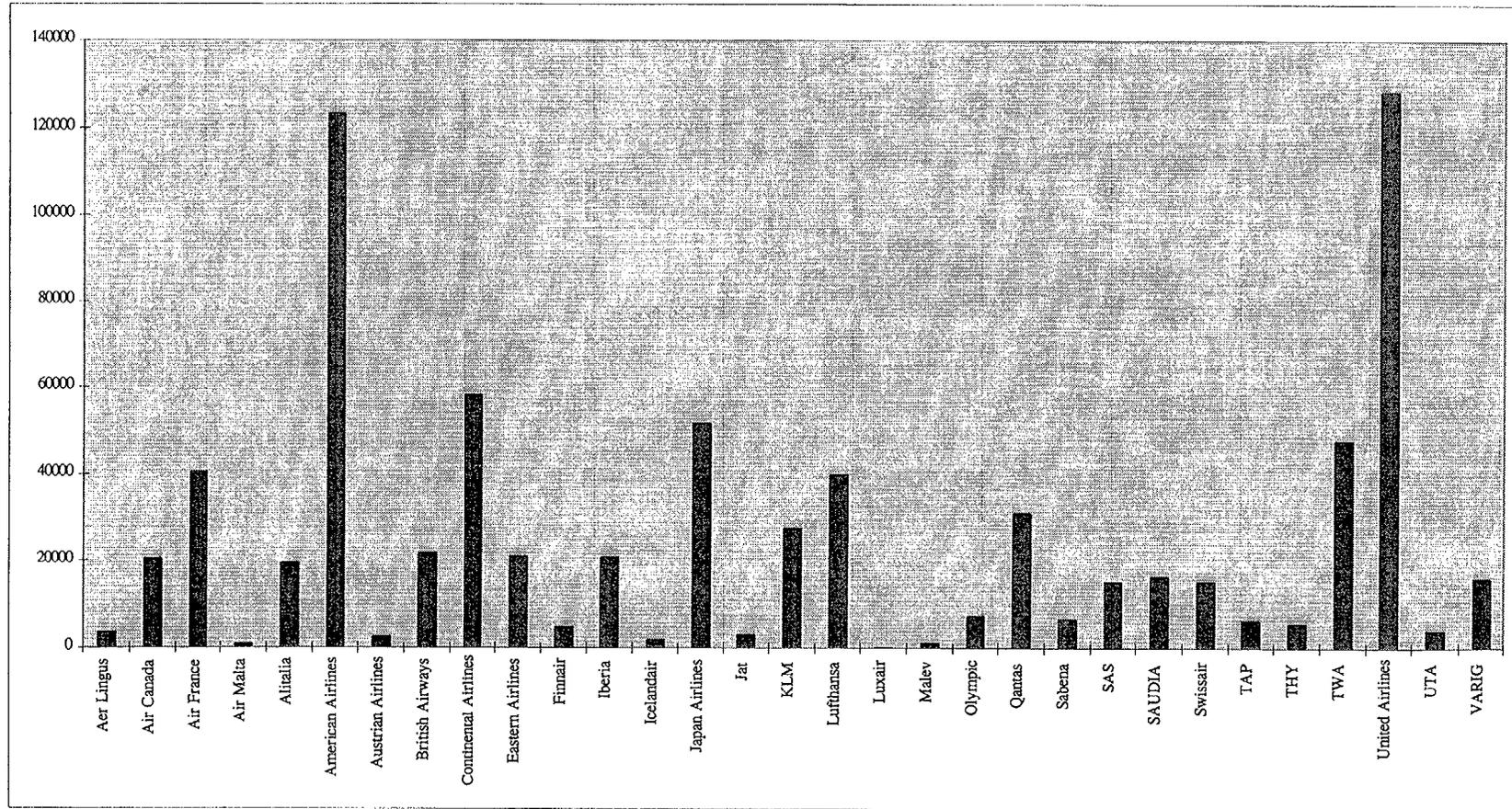
Rose (1990) evita esta complicación introduciendo la variable de beneficios con un período de retraso. El tipo de agregación realizada en nuestro caso no es compatible con esta solución, por lo que el problema podría persistir.

En relación al efecto de los precios y los costes, ahora encontramos distintos resultados que contradicen las estimaciones previas. Tan solo para las líneas aéreas europeas, encontramos que la variable IME presenta un parámetro significativo con signo negativo. Al contrario, cuando se analiza el total de compañías parece ser que las de mayores tarifas son también las de mayor riesgo. Si analizamos este resultado conjuntamente con las estimaciones que se obtienen para OCOST resulta imposible alcanzar una conclusión definitiva al respecto. A pesar de ello, cuando IME y OCOST se traducen en forma de margen operativo los resultados coinciden con lo que predice la literatura.

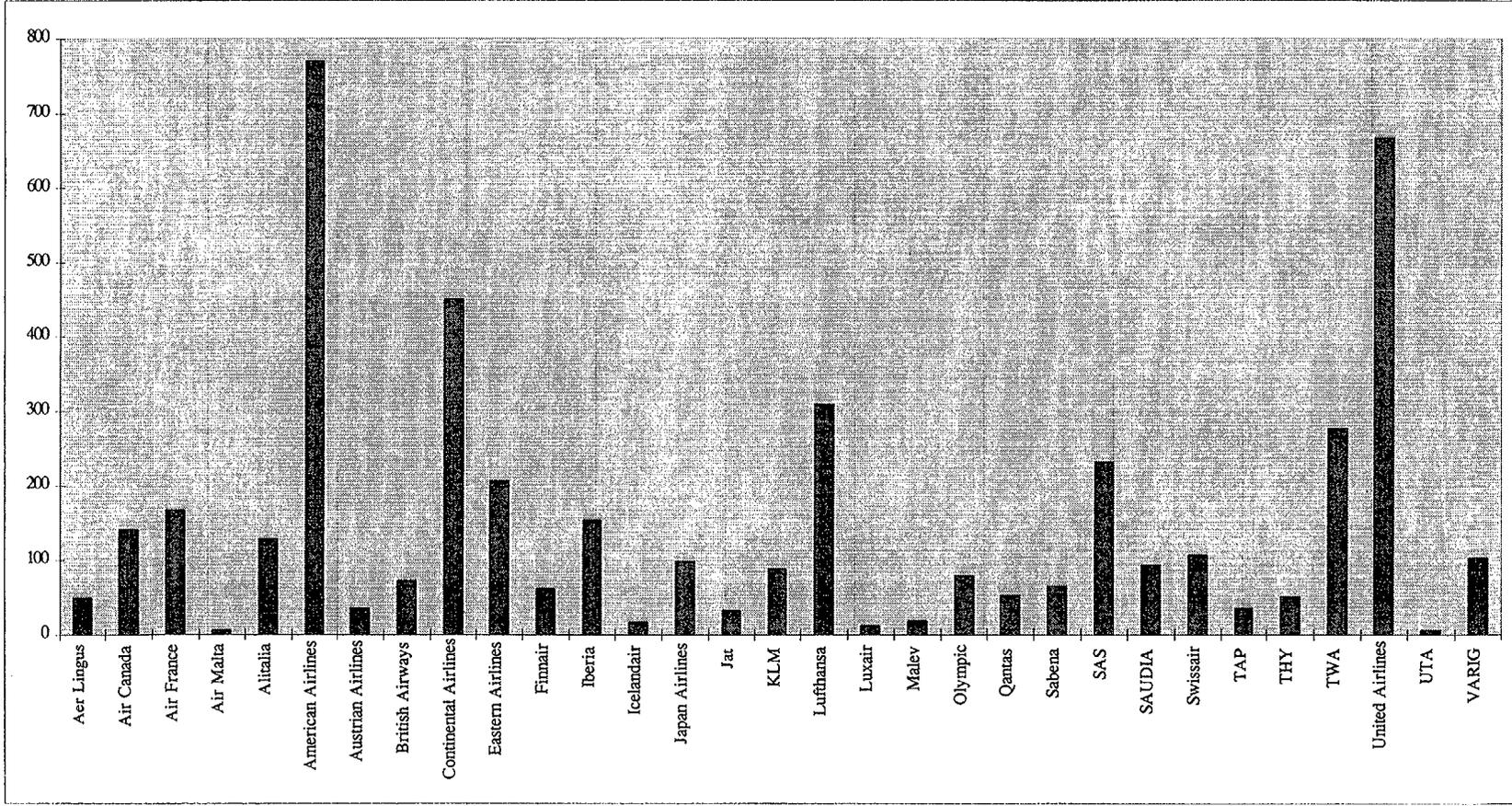
También se ha incorporado la variable DISPRO como un nuevo regresor en estas estimaciones. Mediante la misma se controla el hecho de que cuanto mayor sea la distancia promedio mayor será también el tiempo de exposición y por tanto mayor el riesgo de accidente, como recoge la significatividad y el signo positivo del parámetro en casi todos los modelos.

Finalmente aparece un resultado que contradice lo que se obtuvo en el análisis descriptivo de la muestra. La variable DUMTIP indica que las compañías europeas son comparativamente más seguras que las no europeas o en todo caso similares a las mismas.

**Gráfico 5.11. Media anual del número de pasajeros-km por compañía (miles).**  
**1984-1995 compañías europeas. 1985-1995 compañías no europeas.**



**Gráfico 5.12. Media anual del número de aterrizajes por compañía (miles).  
1984-1995 compañías europeas.1985-1995 compañías no europeas.**



### 5.5. Conclusiones

La evidencia empírica que se desprende de los trabajos realizados hasta ahora sobre seguridad en transporte aéreo sugiere que los beneficios de las líneas aéreas deben someterse al escrutinio del regulador, ya que éstos estarían enviando una clara señal sobre el grado de seguridad con que trabajan los operadores. En este trabajo se contribuye a esta rama de investigación en la medida en que se hace uso por primera vez de datos de líneas aéreas europeas. La evidencia obtenida permite apoyar resultados previos indicando asimismo que los beneficios de las compañías funcionan como señales del grado de seguridad con que las mismas operan. En relación a los precios no hemos podido alcanzar resultados concluyentes con respecto a su funcionamiento como señal alternativa y de mayor disponibilidad para el pasajero.

Ello implica que, en un entorno de regulación en materia de seguridad estricta en el que todas las compañías habrían de operar con similares niveles de seguridad, las líneas aéreas con menores márgenes de beneficios se han mostrado dispuestas a asumir riesgos que en otras circunstancias económicas más favorables no aceptarían. La regulación ha resultado ineficiente, aunque podríamos encontrarnos en dos escenarios:

- (i) Que la regulación hubiese inducido niveles de gasto en seguridad excesivos y las compañías en situación financiera delicada así lo hubiesen percibido.
- (ii) Que la regulación hubiese inducido un nivel óptimo pero las líneas aéreas menos rentables se mostrasen dispuestas a asumir mayores riesgos en un entorno competitivo.

**Cuadro 5.1. Parámetros estimados para Número de Accidentes por Compañía (NAPC)**

<b>VARIABLES</b>	<b>Todas las compañías n=26</b>			<b>Compañías europeas n=16</b>			<b>Compañías no europeas n=10</b>		
<b>IME</b>	-0.112**	-0.079	-0.050	-0.041	-0.047	-0.103	-0.048	0.178	0.233
<b>OCOST</b>	0.268*	0.165*	0.098	0.065	-0.227	-0.103	0.315	-4.9e-04	-0.031
<b>PASKM</b>	-1.6e-05**	-	-	7.3e-06	-	-	-2.14e-05	-	-
<b>KMVOL</b>	-	-9.7e-04	-	-	0.006	-	-	2.40e-04	-
<b>NATERR</b>	-	-	-0.423	-	-	5.492	-	-	0.891
<b>CONSTANTE</b>	2.272*	2.038*	1.834*	1.509*	1.455*	1.899*	2.141	0.665	0.257
<b>Bondad del ajuste</b>	chi <sup>2</sup> (22)= 69.9	chi <sup>2</sup> (22)= 70.1	chi <sup>2</sup> (22)= 72.6	chi <sup>2</sup> (12)= 42.5	chi <sup>2</sup> (12)= 41.5	chi <sup>2</sup> (12)= 40.6	chi <sup>2</sup> (6)= 20.7	chi <sup>2</sup> (6)= 21.0	chi <sup>2</sup> (6)= 20.4

\*:Significativo al 5%

\*\*:Significativo al 10%

**Cuadro 5 2. Parámetros estimados para Número de Víctimas por Compañía (NVPC84) condicionado a accidente**

<b>VARIABLES</b>	<b>Todas las compañías n=15</b>			<b>Compañías europeas n=9</b>			<b>Compañías no europeas n=6</b>		
<b>IME</b>	-0.593*	-0.783*	-0.649*	-0.514*	-0.456*	-0.521*	-2.053*	-1.949*	-0.723*
<b>OCOST</b>	0.914*	0.742*	0.532*	0.041	-0.477*	-0.615*	3.590*	1.670*	0.723*
<b>PASKM</b>	-7.18e-05*	-	-	-4.66e-05*	-	-	-2.51e-04*	-	-
<b>KMVOL</b>	-	-0.008*	-	-	8.0e-04	-	-	-0.017*	-
<b>NATERR</b>	-	-	-9.754*	-	-	4.239*	-	-	-10.748*
<b>CONSTANTE</b>	8.714*	10.348*	9.558*	9.161*	8.761*	9.236*	17.093*	18.104*	9.570*
<b>Bondad del ajuste</b>	chi <sup>2</sup> (11)= 1820.2	chi <sup>2</sup> (11)= 1326.1	chi <sup>2</sup> (11)= 917.2	chi <sup>2</sup> (5)= 264.5	chi <sup>2</sup> (5)= 273.7	chi <sup>2</sup> (5)= 266.3	chi <sup>2</sup> (2)= 245.4	chi <sup>2</sup> (2)= 20.2	chi <sup>2</sup> (2)= 81.5

\*:Significativo al 5%

\*\*:Significativo al 10%

**Cuadro 5.3. Parámetros estimados para Número de Víctimas por Compañía (NVPC84) no condicionado**

<b>VARIABLES</b>	<b>Todas las compañías n=24</b>			<b>Compañías europeas n=16</b>			<b>Compañías no europeas n=8</b>		
<b>IME</b>	-0.346*	-0.356*	-0.226*	-0.282*	-0.211*	-0.200*	3.053*	0.070	0.336*
<b>OCOST</b>	0.891*	0.793*	0.662*	0.381*	0.323*	-0.092	-2.349*	0.838*	0.567*
<b>PASKM</b>	-5.46e-05*	-	-	-5.95e-05*	-	-	2.05e-04*	-	-
<b>KMVOL</b>	-	-0.006*	-	-	-0.009*	-	-	-0.005*	-
<b>NATERR</b>	-	-	-7.441*	-	-	-2.096	-	-	-3.551*
<b>CONSTANTE</b>	5.720*	5.716*	4.839*	5.967*	5.514*	5.370*	-17.860*	2.152*	0.520
<b>Bondad del ajuste</b>	chi <sup>2</sup> (20)= 2712.2	chi <sup>2</sup> (20)= 2268.2	chi <sup>2</sup> (20)= 2026.5	chi <sup>2</sup> (12)= 1092.1	chi <sup>2</sup> (12)= 1103.7	chi <sup>2</sup> (12)= 1103.7	chi <sup>2</sup> (4)= 329.8	chi <sup>2</sup> (4)= 279.1	chi <sup>2</sup> (4)= 300.4

\*:Significativo al 5%

**Cuadro 5.4. Parámetros estimados para Número de Accidentes multiplicado por Número de Víctimas (NANV84)**

<b>VARIABLES</b>	<b>Todas las compañías n=24</b>			<b>Compañías europeas n=16</b>			<b>Compañías no europeas n=8</b>		
<b>IME</b>	-0.326*	-0.323*	-0.255*	-0.370*	-0.189*	-0.113*	3.199*	-0.028	0.210*
<b>OCOST</b>	0.623*	0.522*	0.460*	1.035*	2.267*	0.823*	-2.879*	0.712*	0.476*
<b>PASKM</b>	-4.05e-05*	-	-	-1.51e-04*	-	-	2.39e-04*	-	-
<b>KMVOL</b>	-	-0.004*	-	-	-0.046*	-	-	-0.004*	-
<b>NATERR</b>	-	-	-5.527*	-	-	-27.506*	-	-	-2.848*
<b>CONSTANTE</b>	6.441*	6.402*	5.961*	7.556*	6.454*	5.835*	-17.999*	3.533*	2.070*
<b>Bondad del ajuste</b>	chi <sup>2</sup> (20)= 4279.8	chi <sup>2</sup> (20)= 3962.1	chi <sup>2</sup> (20)= 3716.4	chi <sup>2</sup> (12)= 2164.3	chi <sup>2</sup> (12)= 1789.7	chi <sup>2</sup> (12)= 1940.9	chi <sup>2</sup> (4)= 623.5	chi <sup>2</sup> (4)= 574.5	chi <sup>2</sup> (4)= 611.1

\*:Significativo al 5%

**Cuadro 5.5 Parámetros estimados para la Tasa de Víctimas (NVPC84) por cada mil Pas-Km**

Variables	Todas las compañías n=24		Compañías europeas n=16		Compañías no europeas n=8	
	IME	0.339*	-	-0.070*	-	0.863*
OCOST	-0.050*	-	-0.744*	-	0.137*	-
MAROPE	-	-1.118*	-	-1.870*	-	-11.491*
DISPRO	0.001*	0.001*	8.7e-04*	7.1e-04*	8.6e-05	0.002*
DUMTIP	-0.448*	-0.028	-	-	-	-
CONSTANTE	-10.984*	-8.714*	-5.465*	-8.204*	-13.104*	-13.267*
<b>Bondad del ajuste</b>	Chi <sup>2</sup> (19)=1874.9	Chi <sup>2</sup> (20)=2206.2	Chi <sup>2</sup> (12)= 735.0	Chi <sup>2</sup> (13)= 1037.6	Chi <sup>2</sup> (4)=372.9	Chi <sup>2</sup> (5)= 900.7

\*:Significativo al 5%

**Cuadro 5.6 Parámetros estimados para la Tasa de Víctimas (NVPC84) por cada mil aterrizajes**

Variables	Todas las compañías n=24		Compañías europeas n=16		Compañías no europeas n=8	
	IME	0.350*	-	-0.156*	-	0.910*
OCOST	0.002	-	-0.605*	-	0.160*	-
MAROPE	-	-0.460*	-	-1.207*	-	-13.730*
DISPRO	0.002*	0.002*	0.001*	0.001*	0.001*	0.003*
DUMTIP	-0.534*	0.098	-	-	-	-
CONSTANTE	-0.407*	2.213*	6.102*	2.897*	-2.950*	-3.507*
<b>Bondad del ajuste</b>	Chi <sup>2</sup> (19)=1918.4	Chi <sup>2</sup> (20)=2368.4	Chi <sup>2</sup> (12)=716.2	Chi <sup>2</sup> (13)=975.1	Chi <sup>2</sup> (4)=411.9	Chi <sup>2</sup> (5)=985.8

\*:Significativo al 5%

**ANEXO 5.1. DATOS DE ACTIVIDAD, INGRESOS Y COSTES DE LAS COMPAÑÍAS EUROPEAS**

**Cuadro 5.1.1. Pasajeros-Km (millones)**

Compañías	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Aer Lingus	2189,9	2474,3	2496,3	2737,8	3283,8	3970,4	4190,5	3786,2	4010,7	3759,2	4891,3	4660,8
Air France	27945,9	28582,8	27571,1	31440,4	34333,0	36734,1	36653,0	33710,8	37034,2	93534,6	50218,9	49517,6
Air Malta	n.d.	n.d.	n.d.	633,4	698,4	736,9	903,0	1014,2	1110,9	1284,2	2567,7	1918,5
Alitalia	13637,6	14575,7	13993,8	15343,2	15634,1	17619,2	19125,6	18187,3	23586	24520,4	27291,8	31952,8
Austrian	1397,6	1426,4	1377,2	1645,7	1706,2	2332,0	2818,9	2853,1	3650,3	3746,9	3833,0	4913,3
British Airways	37103,7	41102,7	40430,0	46299,4	56939,5	60757,6	66795,0	62834,8	72491,4	80085,7	86395,4	93859,9
Finnair	2680,5	2925	2917,7	3545,9	3979,6	4553,0	4709,3	4537,4	4446,3	5316,6	9189,4	8340,1
Iberia	16547,5	17575,8	18332,6	19402	20494,8	21034,9	22111,8	20472,8	23857,3	23265,4	22538,1	23811,5
Icelandair	2052,3	2243,4	2214,0	2534,8	2191,9	1534,9	1652,7	1728,0	1840,3	1968,1	2361,1	2498,8
JAT	3107,7	3711,6	4084,7	4943,1	5477,2	4943,7	5383,0	2871,1	913,1	n.d.	n.d.	487,2
KLM	16854,4	18039,1	19070,4	21800,7	23269,8	24930,5	26389,6	27307,0	31695,4	36806,6	40860,4	44457,6
Lufthansa	24363,5	24521,6	26644,8	31771,0	34032,9	36133,4	41903	42684,7	48660,5	52657,9	56683,6	61602,2
Luxair	108,7	111,1	120,4	128,1	151,3	137,8	253,1	258,2	286,1	290,5	361,2	380,1
Malev	1033,2	1087,4	1093,1	1181,2	1177,6	1379,1	1503,2	1017,4	1122,9	1484,4	2129,5	1680,8
Olympic	6311,8	7468,3	6382,0	7121,5	7530,3	8015,2	7764,4	6193,4	7262,4	7998,7	8578,0	7945,0
Sabena	5478,5	5663,1	5561,2	5973,5	6528,3	6760,0	7572,4	6223,1	6202,6	6485,3	7497,0	8619,8
SAS	11789,3	12062,9	12538,8	13207,1	14026,8	15291,1	16516	15416,4	15698,5	18138,5	18525,1	18506,0
Swissair	12055,3	12609,3	12874,2	13724,0	14324,5	15391	15843,4	15099,5	16153,8	17137,7	18580,1	19724,7
TAP	4274	4240,1	4475	4978,3	5639,9	6230,7	6835,6	7024,8	7671,4	7868,1	7830,1	7716,0
THY	2422,3	2516,2	3049,4	3296,4	3753,0	4253,5	4829,3	3351,0	5618,7	7217,3	9133,2	9475,4
UTA	4912,5	4932,2	5242,8	5527,1	5433,2	5568,4	6100,9	5768,6	5962,5	n.d.	n.d.	n.d.

n.d.: No disponible

Fuente: AEA

**Cuadro 5.1.2. Ingresos de tráfico por pasajero-Km (centavos de dólar en términos corrientes)**

Compañías	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Aer Lingus	9,08	8,90	10,35	11,18	12,13	11,01	13,18	14,99	15,34	13,56	11,48
Air France	7,71	7,78	9,48	10,08	10,34	10,07	11,65	11,87	11,89	10,16	9,38
Air Malta	n.d.	n.d.	n.d.	9,39	10,40	10,13	9,47	10,22	10,25	9,01	7,31
Alitalia	8,53	8,46	10,33	11,63	11,82	11,45	13,39	14,21	12,99	10,64	10,51
Austrian	14,76	16,17	18,12	20,36	21,42	18,28	19,87	21,36	19,45	18,21	17,13
British Airways	7,74	7,60	8,60	9,49	10,32	10,13	11,15	11,11	10,56	11,30	11,50
Finnair	10,16	10,35	12,45	13,88	14,68	14,21	16,21	15,51	10,01	11,52	9,91
Iberia	7,08	6,85	8,03	9,48	10,39	10,47	12,20	13,20	12,37	10,34	9,87
Icelandair	5,13	4,98	5,45	6,22	7,19	7,84	8,96	9,35	9,10	7,60	7,24
JAT	6,70	7,62	7,11	7,25	6,70	7,52	8,03	9,11	n.d.	n.d.	n.d.
KLM	6,37	6,38	7,28	7,99	8,52	8,40	9,39	10,41	10,21	8,55	8,81
Lufthansa	9,36	9,15	10,89	11,88	12,57	13,28	13,81	15,31	14,84	13,30	13,50
Luxair	16,32	16,05	19,94	22,32	24,82	24,89	28,82	31,65	32,18	27,11	16,66
Malev	9,63	8,97	9,72	9,82	9,61	8,84	12,44	18,36	17,86	15,25	11,51
Olympic	6,45	5,57	6,84	8,15	8,76	7,82	9,39	10,80	11,30	9,17	8,69
Sabena	7,72	7,56	9,18	10,40	11,30	11,38	12,65	16,06	17,02	15,20	14,61
SAS	10,29	10,44	12,97	14,51	15,71	15,11	16,96	18,48	17,79	15,60	16,61
Swissair	9,54	9,45	11,50	12,69	13,16	12,78	14,65	15,51	14,73	13,28	13,04
TAP	6,75	6,88	7,38	8,23	8,80	8,78	10,06	10,88	10,90	8,86	9,16
THY	6,94	10,03	8,94	8,35	8,89	9,16	9,42	12,09	9,95	10,09	8,86
UTA	6,98	7,04	8,47	8,88	9,22	8,42	9,57	10,27	10,53	n.d.	n.d.

n.d.: No disponible.

Fuente: AEA.

**Cuadro 5.1.3. Kilómetros volados (millones)**

<b>Compañías</b>	<b>1984</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>
Aer Lingus	20,5	19,2	19,2	21,3	27,1	32,3	34,5	33,5	33,1	30,9	38,7	36,4
Air France	164,5	166,0	174,6	192,5	213,3	230,7	238,6	225,6	248,3	281,2	298,6	307,5
Air Malta	n.d.	n.d.	n.d.	6,4	7,3	8,4	9,4	10,0	11,3	13,6	27,5	23,6
Alitalia	93,5	99,0	99,6	103,4	110,0	126,5	136,4	140,3	163	170,8	181,6	226,1
Austrian	23,2	23,0	23,7	24,7	25,6	32,5	35,7	39,7	48,0	50,0	47,3	51,4
British Airways	226,1	243,4	253,3	263,0	342,0	350,2	377,7	362,7	395,1	440,2	470,5	485,4
Finnair	33,8	35,1	34,6	38,8	43,5	49,3	52,0	52,0	51,5	43,7	69,8	69,4
Iberia	141,3	144,4	141,6	142,0	148,2	154,2	164,1	171,9	184,8	186,8	173,2	174,5
Icelandair	14,3	15,6	15,5	18,4	17,5	14,3	16,4	17,4	17,5	19,9	21,0	21,4
JAT	29,8	33,4	36,0	39,2	43,3	44,4	43,2	27,8	9,4	n.d.	n.d.	6,5
KLM	102,1	106,7	113,6	123,6	133,3	138,6	145,3	152,0	179,9	202,6	228,4	241,8
Lufthansa	198,5	202,7	232,6	261,9	278,1	289,9	337,4	370,6	418,5	418,9	433,9	456,9
Luxair	2,6	2,9	3,5	4,0	4,3	4,2	5,6	6,1	7,4	7,5	11,4	8,9
Malev	17,6	18,5	18,2	15,4	15,1	16,8	19,0	16,9	19,6	24,1	29,2	26,5
Olympic	47,7	52,9	48,5	51,3	52,0	53,8	55,6	48,8	57,6	61,7	65,5	62,0
Sabena	47,3	49,9	50,5	55,6	60,4	67,1	76,4	70,7	76,2	87,5	94,3	103,1
SAS	120,2	123,9	133,9	138,2	152,3	169,1	188,7	181,8	187,2	225,5	218,2	218,5
Swissair	96,0	98,3	105,1	109,8	117,3	125,3	132,8	132,5	141,3	148,9	155,0	160,3
TAP	34,9	34,3	37,2	39,6	46,3	50,5	55,0	58,2	64,8	65,6	68,5	74,9
THY	24,6	26,5	31,9	31,0	35,9	39,5	44,2	35,0	55,9	75,0	91,0	90,7
UTA	24,5	25,4	27,2	34,3	27,5	29,0	32,7	26,3	31,3	n.d.	n.d.	n.d.

n.d.: No disponible.

Fuente: AEA.

**Cuadro 5.1.4. Horas bloque voladas (miles)**

Compañías	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Aer Lingus	43,4	42,5	43,0	47,7	62,7	75,1	81,3	79,1	79,4	71,9	83,7	78,8
Air France	260,0	262,4	277,4	312,7	356,6	386,3	398,7	371,7	403,7	451,4	475,7	484,9
Air Malta	n.d.	n.d.	n.d.	10,8	12,4	14,3	16,2	17,1	12,9	23,1	39,2	35,3
Alitalia	161,6	174,0	178,4	187,0	201,4	236,0	247,8	252,7	249,7	303,3	324,5	423,0
Austrian	44,0	43,9	45,6	47,7	49,8	63,2	68,3	76,4	90,9	95,0	96,3	91,3
British Airways	359,5	387,6	404,7	421,7	550,1	565,9	609,3	579,7	624,8	695,3	742,9	766,8
Finnair	63,2	66,1	64,0	72,7	81,4	90,8	92,8	88,1	87,7	88,6	113,2	115,3
Iberia	251,1	250,0	241,1	236,7	250,9	259,9	274,3	283,0	299,7	299,9	279,9	282,1
Icelandair	24,3	26,0	26,2	31,5	29,8	25,3	29,3	29,9	29,6	31,2	34,1	35,0
JAT	55,2	61,6	65,8	72,7	82,5	84,9	81,8	49,6	17,2	n.d.	n.d.	13,4
KLM	147,1	156,5	165,4	182,0	192,5	196,2	211,9	222,0	264,1	299,1	361,3	372,0
Lufthansa	348,8	361,1	411,8	462,5	508,6	527,4	604,3	685,3	780,0	771,8	780,8	821,2
Luxair	7,9	8,5	10,8	12,4	12,7	13,1	15,4	16,1	20,1	20,2	26,9	22,8
Malev	24,2	25,4	25,0	29,6	28,6	32,2	34,7	30,7	36,3	44,0	50,6	45,9
Olympic	91,9	99,8	96,3	100,7	102,8	106,5	108,9	98,4	116,7	126,4	131,1	127,9
Sabena	77,3	81,9	83,8	90,9	101,0	115,5	132,7	132,2	142,2	162,8	174,0	193,8
SAS	216,3	228,5	252,0	257,7	285,0	310,2	350,6	337,4	345,3	429,8	415,4	416,8
Swissair	159,8	162,2	170,2	175,8	196,5	214,9	227,8	225,5	239,0	252,4	260,5	267,6
TAP	53,5	51,3	55,8	60,5	71,0	78,1	86,2	90,5	100,3	101,5	105,8	116,0
THY	48,7	53,3	60,8	59,8	69,4	76,2	85,4	65,3	102,9	141,8	168,8	170,7
UTA	31,7	33,0	35,1	43,8	35,2	37,3	41,8	34,2	40,5	n.d.	n.d.	n.d.

n.d.: No disponible.

Fuente: AEA.

**Cuadro 5.1.5. Número de aterrizajes (miles)**

Compañías	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Aer Lingus	30,8	30,8	31,8	35,1	47,7	58,2	61,9	63,8	62,9	55,5	58,6	56,6
Air France	129,5	130,5	137,4	155,8	177,7	192,9	196,7	170,0	177,8	183,7	181,2	179,5
Air Malta	n.d.	n.d.	n.d.	4,7	5,3	6,0	6,6	6,8	7,2	8,8	7,8	14,2
Alitalia	84,8	91,5	98,7	102,1	107,0	125,1	131,4	131,7	146,7	145,0	162,3	229,4
Austrian	27,2	27,2	28,1	29,2	30,1	34,9	35,6	40,5	45,6	48,2	40,9	39,4
British Airways	178,4	191,3	199,2	205,5	256,2	260,1	269,1	247,6	253,1	275,6	291,5	295,0
Finnair	59,7	61,0	56,3	63,3	68,3	71,8	65,4	59,1	57,9	54,4	60,3	63,8
Iberia	153,3	154,1	151,1	147,5	152,1	155,9	162,1	160,0	158,9	158,2	150,3	147,4
Icelandair	12,8	14,5	15,1	17,5	17,7	16,2	17,3	17,0	16,7	17,2	18,9	19,1
JAT	43,3	46,6	47,2	51,1	53,8	52,2	49,5	26,9	10,1	n.d.	n.d.	8,4
KLM	59,3	60,7	62,9	71,3	73,3	73,7	76,9	80,3	96,1	111,0	152,6	146,9
Lufthansa	191,3	202,7	221,8	242,4	266,1	271,7	303,1	359,4	409,1	407,1	408,6	428,1
Luxair	7,5	7,9	9,2	10,3	10,5	10,6	12,3	13,2	15,2	15,3	18,3	17,1
Malev	16,7	17,1	16,8	17,4	16,3	17,6	19,0	16,5	19,8	23,1	22,9	21,7
Olympic	72,1	77,0	76,2	78,6	79,2	80,4	79,6	69,8	80,6	86,2	88,2	89,2
Sabena	38,8	41,5	43,4	44,2	49,8	57,5	65,0	69,4	77,1	88,4	95,2	106,5
SAS	171,2	180,3	195,3	198,0	210,8	218,6	235,9	232,1	231,5	315,0	305,5	301,8
Swissair	85,6	86,9	89,9	95,6	104,5	113,1	118,0	112,5	113,9	122,1	128,8	128,7
TAP	25,8	22,5	23,2	26,3	30,2	31,4	36,5	39,4	43,1	44,8	48,1	51,9
THY	29,8	31,3	33,2	32,5	36,8	38,1	40,9	33,4	47,2	65,0	76,3	77,1
UTA	7,7	7,8	8,0	9,4	7,6	8,1	9,2	7,0	8,3	n.d.	n.d.	n.d.

n.d.: No disponible.

Fuente: AEA.

**Cuadro 5.1.6. Costes operativos totales (millones de dólares en términos corrientes)**

Compañías	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Aer Lingus	246,5	273,9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.						
Air France	2537,8	2765,5	3219,4	3783,6	4175,0	4604,9	n.d.	630,0	11470,4	7461,6	n.d.	6308,0
Air Malta	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.								
Alitalia	1513,7	n.d.	1561,1	1871,3	2012,4	2288,9	3463,3	n.d.	4006,0	3562,0	n.d.	4235,2
Austrian	219,8	234,6	293,5	385,3	389,9	458,5	620,0	700,2	834,9	n.d.	764,7	n.d.
British Airways	n.d.	3610,2	3953,0	5038,9	6258,7	6517,7	8029,1	7699,0	7928,2	7948,2	8710,7	9190,0
Finnair	352,9	434,2	518,5	687,6	822,1	915,3	1041,5	909,3	827,4	701,8	919,8	1169,3
Iberia	n.d.	1518,2	1862,5	2172,0	2562,5	2925,8	3294,6	3328,6	n.d.	2874,3	2545,9	2699,4
Icelandair	133,6	145,0	159,2	215,4	211,8	174,1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	215,6	n.d.
JAT	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.								
KLM	1521,8	1766,4	2099,6	n.d.	2608,6	2835,0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	5275,8
Lufthansa	n.d.	3459,3	n.d.	n.d.	n.d.	6576,9	8462,5	9223,8	n.d.	9538,4	n.d.	n.d.
Luxair	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.								
Malev	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.								
Olympic	499,3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	782,6	n.d.	893,5	877,6	863,2	n.d.	910,6
Sabena	669,2	752,5	911,8	1095,3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
SAS	1632,7	1674	2115,4	3298,7	2957,8	3136,7	3551,1	3390,9	3588,0	3654,2	3915,2	4241,2
Swissair	1353,5	1735,4	2152	2572,1	2706,2	2758,6	3410,1	3391,2	n.d.	n.d.	n.d.	3441,7
TAP	459,0	n.d.	n.d.	n.d.	761,8	n.d.	1042,5	n.d.	1843,4	1255,0	1172,4	1207,5
THY	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	639,9	613,0	n.d.	n.d.	927,2	1052,0
UTA	665,9	1061,5	932,2	1043,9	1055,6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

n.d.: No disponible.

Fuente: ICAO.

**ANEXO 5.2. DATOS DE ACTIVIDAD, INGRESOS Y COSTES DE LAS COMPAÑÍAS NO EUROPEAS**

**Cuadro 5.2.1. Pasajeros-Km (millones)**

Compañías	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Air Canada	21717,8	n.d.	21165,1	22812,2	23916,7	24504,8	20299,7	21453,5	20490,8	22774,3	26313,7
American Airlines	71026,7	78513,7	91329,4	104206,8	118252,3	123924,5	132312,9	156736,6	156302,4	159039,5	165247,5
Continental Airlines	26404,7	33665,3	62930,9	65154,0	62402,3	63042,0	66679,7	69317,4	68114,0	66961,8	57130,9
Eastern Airlines	53246,8	56143,3	58102,7	46336,4	18655,4	n.d.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Japan Airlines	37298,6	38510,7	44002,2	49327,7	53181,6	55195,1	51523,6	55089,9	54615,4	62936,4	69775,1
Qantas Airways	17303,7	20103,4	22709,3	26208,8	26177,4	27686,6	26505,0	30843,1	44509,7	48345,3	51870,3
Saudia	15457,5	15018,1	15639,6	14935,2	15694,6	16067,7	14880,8	17563,3	18571,8	18249,9	18501,4
Trans World Airlines	52267,2	44138,4	53452,4	56398,7	56936,7	55596,5	45271,0	46689,4	36707,4	40080,5	40074,4
United Airlines	67098,6	95349,7	106684,6	111081,3	111992,8	122219,2	131727,7	148841,4	162526,5	173833,6	179498,7
Varig	10071,7	12039,5	11669,0	13663,8	16107,0	16515,5	16020,1	16552,6	21190,9	21404,7	20876,9

n.d.: No disponible.

n.a.: No aplicable.

Fuente: IATA.

**Cuadro 5.2.2. Ingresos de tráfico por pasajero-Km (centavos de dólar en términos corrientes)**

Compañías	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Air Canada	6,94	n.d.	7,85	8,40	n.d.	9,33	9,80	8,62	8,65	8,16	8,26
American Airlines	7,01	6,32	6,73	7,25	7,47	7,85	0,52	1,21	8,25	8,06	8,06
Continental Airlines	5,83	5,38	5,76	6,25	6,94	7,20	6,98	6,69	6,68	6,29	7,62
Eastern Air Lines	8,04	7,09	6,97	7,51	7,28	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Japan Airlines	6,89	8,89	10,02	10,76	10,18	10,44	11,92	11,12	12,38	12,42	12,43
Qantas Airways	5,60	n.d.	n.d.	7,51	7,30	6,25	7,61	6,48	4,65	n.d.	n.d.
Saudia	10,13	12,52	8,93	n.d.	n.d.	8,84	n.d.	n.d.	9,65	n.d.	n.d.
Trans World Airlines	6,16	5,98	6,39	6,56	6,74	6,92	6,44	6,32	7,00	7,03	7,08
United Airlines	6,52	6,17	6,35	6,89	7,55	7,80	0,12	0,81	7,71	6,98	7,26
Varig	6,87	7,05	7,21	7,20	n.d.	7,66	8,49	9,40	n.d.	11,57	12,34

n.d.: No disponible.

n.a.: No aplicable.

Fuente: ICAO.

**Cuadro 5.2.3. Kilómetros volados (millones)**

Compañías	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Air Canada	210,3	n.d.	198,4	209,8	220,1	220,0	197,5	209,9	204,2	224,8	261,1
American Airlines	620,4	679,1	827,5	940,3	1039,1	1124,9	1217,7	1397,5	1482,0	1460,7	1480,3
Continental Airlines	267,7	344,8	649,5	670,1	626,4	634,5	639,3	659,0	667,1	656,3	602,3
Eastern Airlines	535,0	556,5	536,7	449,9	181,2	n.d.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Japan Airlines	189,2	198,2	210,8	227,5	239,3	237,1	244,7	257,5	259,3	280,7	312,3
Qantas Airways	73,5	87,0	95,0	104,9	110,8	123,2	130,3	145,5	232,6	249,7	272,6
Saudia	113,2	105,3	100,9	100,2	101,0	103,3	87,1	106,1	113,5	116,7	115,1
Trans World Airlines	342,0	338,3	405,1	431,6	436,2	427,4	352,5	363,8	343,0	375,6	368,7
United Airlines	592,9	814,6	888,5	872,6	887,2	959,4	1019,1	1116,9	1214,2	1246,5	1311,5
Varig	92,5	100,6	102,9	112,1	120,1	122,4	131,7	130,3	183,9	183,3	193,4

n.d.: No disponible.

n.a.: No aplicable.

Fuente: IATA.

**Cuadro 5.2.4. Horas bloque voladas (miles)**

Compañías	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Air Canada	337,3	n.d.	318,6	341,9	361,1	354,4	318,8	334,8	324,8	353,6	414,0
American Airlines	1012,0	1128,5	1397,5	1599,8	1774,0	1927,3	2040,4	2301,4	2407,7	2342,3	2341,8
Continental Airlines	375,5	483,9	942,7	1135,1	904,2	924,6	921,1	943,3	950,6	944,3	856,1
Eastern Airlines	931,5	966,3	938,6	794,6	326,9	n.d.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Japan Airlines	264,8	277,1	295,1	317,7	333,7	331,6	343,9	362,2	367,6	397,6	446,1
Qantas Airways	93,1	111,1	121,3	134,5	142,3	157,9	167,0	186,8	323,5	344,3	381,4
Saudia	190,4	175,6	167,0	166,6	167,0	171,7	144,7	175,8	185,8	190,8	186,7
Trans World Airlines	542,2	553,4	675,6	718,0	734,8	712,7	598,9	623,1	593,0	640,3	635,1
United Airlines	968,2	1315,9	1438,9	1405,0	1445,4	1555,5	1652,7	1794,2	1939,3	1935,3	2015,1
Varig	143,5	159,0	166,9	181,7	193,9	195,9	212,1	195,1	288,0	283,3	299,4

n.d.: No disponible.

n.a.: No aplicable.

Fuente: IATA.

**Cuadro 5.2.5. Número de aterrizajes (miles)**

Compañías	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Air Canada	169,6	n.d.	154,9	164,1	165,0	154,4	138,8	142,9	141,9	148,9	170,5
American Airlines	464,0	521,0	663,6	763,6	811,5	827,9	854,5	932,9	943,4	873,9	822,7
Continental Airlines	200,4	253,8	537,4	521,0	482,8	489,3	485,1	481,1	484,7	561,7	458,2
Eastern Airlines	556,6	558,4	528,5	449,7	182,2	n.d.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Japan Airlines	77,6	80,2	85,5	89,8	93,0	93,2	98,9	104,0	108,2	116,1	134,5
Qantas Airways	17,7	21,2	23,3	25,8	27,1	28,8	30,9	33,9	109,4	120,0	129,1
Saudia	102,5	95,5	91,0	92,7	89,9	92,7	79,0	95,1	100,0	102,5	98,1
Trans World Airlines	223,4	237,1	309,6	320,3	320,4	300,6	256,2	272,5	264,5	275,8	270,6
United Airlines	481,9	627,0	669,7	625,9	620,6	653,8	690,3	720,6	745,4	730,0	779,8
Varig	73,9	81,2	83,4	89,2	93,2	92,1	102,7	90,4	150,0	143,1	138,5

n.d.: No disponible.

n.a.: No aplicable.

Fuente: IATA

**Cuadro 5.2.6. Costes operativos totales (millones de dólares en términos corrientes)**

Compañías	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Air Canada	1767,0	1841,0	1802,9	1948,7	2206,6	n.d.	2809,0	2602,0	2416,2	3052,8	2059,0	2368,6
American Airlines	4748,4	5352,8	5464,5	6651,3	7749,6	9230,1	10940,7	12080,6	13658,3	14173,6	14039,5	14642,4
Continental Airlines	1089,3	1575,6	1908,9	3993,9	4469,9	4788,1	5444,0	5552,6	5404,1	5131,9	4818,8	4680,8
Eastern Airlines	4174,3	4593,4	4457,2	4470,3	4097,5	2416,4	2715,1	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Japan Airlines	3093,2	3533,2	4507,5	5519,1	6372,7	6523,7	7295,5	8033,4	8246,5	8864,1	9986,8	10724,2
Qantas Airways	n.d.	1248,7	n.d.	n.d.	2345,0	2128,9	2684,6	2598,2	2418,8	2539,5	n.d.	n.d.
Saudia	2066,9	2042,4	n.d.	2053,8	n.d.	n.d.	2104,3	n.d.	n.d.	2573,1	n.d.	n.d.
Trans World Airlines	3571,7	3924,3	3257,2	3816,0	4104,9	4483,0	4768,3	4005,9	3939,4	3342,4	3587,7	3243,9
United Airlines	5546,9	5248,1	6698,2	7711,6	8127,8	9185,1	11010,3	12150,7	13221,0	14058,8	13374,2	14062,9
Varig	832,8	890,0	1039,8	1180,0	1474,5	n.d.	1729,8	1331,8	2170,0	n.d.	3228,2	3162,8

n.d.: No disponible.

n.a.: No aplicable.

Fuente: ICAO

## 6. RESUMEN Y CONCLUSIONES

La seguridad del transporte aéreo es una materia extraordinariamente compleja, tanto desde el punto de vista de su funcionamiento, como de su regulación. Es también un aspecto del transporte aéreo muy delicado, ya que del mismo dependen las vidas del elevado número de personas que utilizan este medio de transporte y de terceros que pudiesen verse afectados por los accidentes. Sin embargo, desde la perspectiva del análisis económico su tratamiento no debe ser distinto del que se le otorga a otros elementos que definen el servicio de transporte aéreo, tales como la tarifa pagada u otros componentes que integran, junto con el nivel de seguridad, la calidad del servicio.

La relación que se establece entre pasajeros y líneas de transporte aéreo se produce en un mercado imperfecto en el que la presencia de fallos es frecuente. Limitaciones a la libre competencia, externalidades, mercados incompletos o información asimétrica son algunos ejemplos.

Más concretamente, la presencia de asimetrías de información, esto es, el hecho de que las compañías de transporte aéreo tengan un conocimiento más preciso del nivel de seguridad con que operan que sus pasajeros, se utiliza para justificar el tipo de regulación en materia de seguridad a la que se somete la industria. Esta concepción de la relación entre líneas aéreas y pasajeros ha sido denominada *visión del fallo de mercado*, que se contrapone a la conocida como *visión de la respuesta de mercado*, según la cual la regulación sería innecesaria pues el mercado se mostraría capaz de disciplinar a los transportistas negligentes.

El objetivo de este trabajo ha sido analizar hasta qué punto ambos sistemas, mecanismos de mercado y regulación, han contribuido a que se alcancen los niveles de seguridad con que opera actualmente el modo de transporte aéreo. Y ello es debido a que, si bien los fallos de mercado mencionados justifican que el nivel de seguridad del transporte aéreo se regule, queda por determinar si los mecanismos de regulación elegidos han resultado

adecuados, ya que de lo contrario podría estar interviniendo un efecto de reputación de las compañías, que no pueden asegurarse contra las pérdidas de demanda que se derivan de un accidente, y que por tanto pueden ver comprometida su supervivencia.

La regulación de la seguridad en transporte aéreo se articula a nivel internacional desde la OACI, organismo intergubernamental en el que se establecen las directrices a seguir por parte de los estados miembros. El Convenio de Chicago y sus anexos constituyen el marco de legislación básica. Aspectos como el intercambio de derechos de tráfico, emisión de licencias y certificados, elementos de aeronavegación, prácticas recomendadas, etc., son algunos ejemplos de la multitud de factores que se ha estimado regular. Todo esta normativa resulta de aplicación obligada en los estados miembros una vez que las hayan transcrito en forma de leyes o reglamentos nacionales.

La regulación de la seguridad del transporte aéreo puede adoptar diversas formas. En primer lugar, el regulador puede fijar directamente el nivel requerido de inversión en seguridad, siendo esta la forma más común de intervención de la que se ocupa fundamentalmente la OACI. Sin embargo también suele establecerse el régimen de responsabilidad del transportista en caso de accidente, siendo el más aplicado de acuerdo con el Convenio de Varsovia, el de negligencia con pagos limitados, es decir, la línea aérea ha de hacer frente a las indemnizaciones correspondientes sólo si se demuestra que es culpable, y además hasta un importe que se establece con anterioridad a la realización del viaje, de forma limitada. Adicionalmente el regulador puede establecer multas si el transportista es culpable.

Esta regulación parece haber sido eficiente si se observan las tasas de accidentes a lo largo del tiempo, pues la tendencia observada para los datos que proporciona la OACI es siempre decreciente. Tal resultado junto con el hecho de que el transporte aéreo presenta la tasa más baja de mortalidad, si ésta se establece en relación a los pasajeros kilómetro transportados, han permitido que se afirme, sobre todo por parte de los representantes de las líneas aéreas e incluso por los propios representantes de las

aviaciones civiles, que el modo de transporte aéreo es de los más seguros. Sin embargo, estudios recientes que realizan comparaciones intermodales más precisas sitúan al transporte aéreo al mismo nivel que el transporte por automóvil. Si a ello añadimos que para determinadas medidas de la seguridad, nos encontramos varios años seguidos en los últimos tiempos por encima de la tendencia, la eficiencia del tipo de regulación está todavía por determinar. Se requiere de estudios adicionales que se ocupen tanto de seguir la evolución temporal del nivel de seguridad mediante el cálculo de tasas de accidentes rigurosas, sobre todo en un entorno de desregulación, como de realizar comparaciones intermodales adecuadas.

En el capítulo 4 hemos visto que el establecimiento de un sistema de responsabilidad con pagos limitados distorsiona el resultado eficiente aún bajo el supuesto de información perfecta. En condiciones reales, la distorsión podría ser mayor. En este sentido, la regulación de la responsabilidad bajo negligencia con pagos ilimitados e incluso con responsabilidad estricta cuando no es culpable, en la línea que ha establecido recientemente la Comisión Europea, es un sistema de regulación que considera en mayor medida las necesidades de los pasajeros y puede constituir la mejor opción cuando la información sobre seguridad es asimétrica. No obstante, y dado que el modelo presentado no incorpora al análisis dicha asimetría, puede que sea necesario que la regulación del sistema de responsabilidad se complemente, tal como ha hecho la OACI desde su constitución, con un tipo de intervención que además establece el nivel de gasto en seguridad que las líneas aéreas han de realizar.

No obstante, y de acuerdo con los resultados del modelo teórico presentado, hemos de señalar que la inversión en seguridad socialmente óptima no coincide con el máximo alcanzable. Alcanzar la máxima inversión en seguridad implica que se controle hasta el más mínimo detalle que determina la seguridad de la aeronave y que esté bajo el control de la compañía. Este máximo nivel, teóricamente alcanzable sería extremadamente costoso, y conduciría a una asignación de recursos ineficiente y a un resultado subóptimo desde el punto de vista social.

A su vez, la evidencia empírica que se desprende del trabajo desarrollado en el capítulo 5, en el que se utilizan datos de empresas europeas por vez primera para este tipo de análisis, permite apoyar resultados previos de la literatura indicando que los beneficios de las compañías funcionan como señales del grado de seguridad con que las mismas operan. En relación a los precios no hemos podido alcanzar resultados concluyentes con respecto a su funcionamiento como señal alternativa y de mayor disponibilidad para el pasajero. Ello implica que, en un entorno de regulación en materia de seguridad estricta en el que todas las compañías habrían de operar con similares niveles de seguridad, las líneas aéreas con menores márgenes de beneficios se habrían mostrado dispuestas a asumir riesgos que en otras circunstancias económicas más favorables no aceptarían. La regulación ha resultado ineficiente, aunque podríamos encontrarnos ante dos escenarios:

- (i) Que la regulación hubiese inducido niveles de gasto en seguridad excesivos y las compañías en situación financiera delicada así lo hubiesen percibido.
- (ii) Que la regulación hubiese inducido un nivel óptimo pero las líneas aéreas menos rentables se mostrasen dispuestas a asumir mayores riesgos en un entorno competitivo.

En relación al comportamiento del mercado y su capacidad para disciplinar a las líneas aéreas negligentes, en este trabajo no se ha ofrecido ningún ejercicio teórico o empírico al respecto. En el capítulo 3 nos hemos limitado a presentar resultados previos de la literatura, que en su mayoría se refieren al caso estadounidense. Estos trabajos examinan fundamentalmente la evolución del valor de las acciones de las compañías de transporte aéreo en los días siguientes a un accidente, y detectan un efecto significativo que sin embargo no se repite y se mantiene en el tiempo. Replicar este tipo de ejercicios para las compañías europeas no es posible por el momento, y todo lo que podría hacerse es tratar de analizar la reacción de la demanda. Sin embargo, estos estudios captan cierto efecto reputación que parece estar complementando la propia regulación del mercado. Encontramos pues, que tanto la visión del fallo del mercado como la visión de la

respuesta del mercado contribuyen conjuntamente a explicar lo que ocurre en la industria en materia de seguridad.

Finalmente hemos de señalar que son múltiples los aspectos relacionados con la seguridad del transporte aéreo que no han sido analizados suficientemente en este trabajo. La determinación del nivel óptimo de inversión en seguridad, el análisis de los factores que influyen sobre la misma, el efecto del proceso de desregulación sobre los niveles de seguridad o la vinculación entre seguridad y calidad, son algunos ejemplos que pueden conducir al desarrollo de otros tantos trabajos.

Asimismo, la seguridad del transporte aéreo es objeto de estudio por varias disciplinas. No sólo la economía, sino también la ingeniería o la psicología son ciencias que pueden realizar importantes aportaciones en esta materia. La investigación en ingeniería aeronáutica puede producir innovaciones tecnológicas que permitan mejorar el nivel de seguridad con que operan las compañías, sin embargo si se tiene en cuenta que un 70 % de los accidentes se deben a fallos de la tripulación, el estudio del comportamiento humano puede ser una de las líneas más prometedoras para la reducción de accidentes en el futuro. Tratar de explicar por qué se produce este fenómeno, aún cuando la tripulación tiene los mismos incentivos que un pasajero para que el viaje se produzca sin incidentes, es una pregunta crucial que todavía no tiene respuesta.

## 7. REFERENCIAS

Associaton of European Airlines (AEA). *Yearbooks and Statistical Appendices*. Bruselas.

Akerlof, G.A. (1970). "The Market for Lemons: Quality Uncertainty and the Market Mechanism". *Quarterly Journal of Economics* 84, 488-500.

Bailey, E.E. y Panzar, J.C. (1981). "The Contestability of Airline Markets During the Transition to Deregulation". *Law and Contemporary Problems* 44, No.1, 125-145.

Betancor, O. y Jorge Calderón, J.D. (1996). "Efectos de la desregulación del transporte aéreo en España", en Herce, J.A. y De Rus, G. (Coordinadores) *La regulación de los transportes en España*. FEDEA y Editorial Cívitas.

Borenstein, S. y Zimmerman, M.B. (1988). "Market Incentives for Safe Commercial Airline Operation". *American Economic Review* 78, 913-935.

Borenstein, S. (1992). "The Evolution of U.S. Airline Competition". *Journal of Economics Perspectives*, vol 6, nº2, pp.45-73.

Button, K. (1996). Liberalising European aviation: Is there an empty core problem?. *Journal of Transport Economics and Policy*. vol. 30. No. 3, pp. 275-291.

Cameron, A. y Trivedi, P. (1986). "Econometric Models Based on Count Data: Comparisons and Applications of Some Estimators and Tests". *Journal of Applied Econometrics*, vol. 1, pp.29-54.

Cameron, A. y Trivedi, P. (1990). "Regression Based Tests for Overdispersion in the Poisson Model", *Journal of Econometrics*, vol. 46, pp. 347-364.

- Civil Aviation Authority (1995). *The Single European Aviation Market: Progress so far*. CAP 654.
- Civil Aviation Authority (1992). *Safe Journey. The work of Britain's Civil Aviation Authority*. Doc. 535.
- Chance, D.M. y Ferris, S. (1987). "The Effect of Aviation Disasters on the Air Transport Industry". *Journal of Transport Economics and Policy*, 21, pp.151-165.
- Chalk, A. (1983). *The Economics of Airline Safety*. Ph.D. dissertation, Washington University.
- Chalk, A. (1987). "Market Forces and Commercial Aircraft Safety". *Journal of Industrial Economics*, vol 36, nº1, pp. 61-81.
- Comisión Europea (1996). *Gestión del tráfico aéreo. Liberalización del espacio aéreo europeo*. Libro Blanco. Bruselas.
- Comisión Europea (1993). *Reglamento del Consejo 95/93*. Bruselas.
- De Jager, W.C. (1993). *The Effects of Airline Deregulation on Airline Safety: An Econometric Analysis*. Ph.D dissertation. Portland State University.
- Denham, T. (1996). *World Directory of Airliner Crashes*. PSL.
- Dionne, G., Gagné, R., Gagnon, F. y Vanasse, C. (1997). "Debt, Moral Hazard and Airline Safety: An Empirical Evidence". *Journal of Econometrics*, vol 79, pp.379-402.
- European Commission (1995). *European Economy. Annual Economic Report*. Bruselas.

- Foreman, S. E. (1993). "An Application of Box-Jenkins ARIMA Techniques to Airline Safety Data". *Logistics and Transportation Review*, vol 29, n°3, pp. 221-240.
- Golbe, D.L. (1986). "Safety and Profits in the airline industry". *The Journal of Industrial Economics*, vol 34, n° 3, pp. 305-318.
- Gordon, J.R. (1992). "Productivity in the Transportation Sector" en Griliches, Zvi, et al. (ed.) *The Measurement of Output in the Service Sector*. University of Chicago Press.
- Greene, W.H. (1993). *Econometric Analysis*. Macmillan. Nueva York.
- Grossman, S. y Hart, O. (1983). "An Analysis of the Principal-Agent Problem". *Econometrica*, vol 51, pp.7-46.
- Hausman, J., Hall, B. y Griliches, Z. (1984). "Economic Models for Count Data with an Application to the Patents-R&D Relationship". *Econometrica*, vol. 52, pp. 909-938.
- Hirshleifer, J. y Riley, J.G (1992). *The Analytics of Uncertainty and Information*. Cambridge Surveys of Economic Literature. Cambridge University Press.
- Holmstrom, B. (1979). "Moral Hazard and Observability". *Bell Journal of Economics*, vol. 10, pp. 74-91.
- International Air Transport Association (IATA). *World Air Transport Statistics*. Ginebra.
- International Civil Aviation Organization (ICAO). *Financial Data*. Montreal.
- Jordan, W.A. (1989). "Airline Safety: Has Deregulation Made the Difference?". *Transport Reviews*, vol 9, n°4, pp.305-314.

- Kanafani, A y Keeler, T.E. (1989). "New Entrants and Safety" en Moses, L.N. y Savage, I. (ed.) *Transportation Safety in an Age of Deregulation*, Oxford University Press.
- Kanafani, A y Keeler, T.E. (1990). "Air Deregulation and Safety: Some Econometric Evidence from Time Series". *Logistics and Transportation Review*, vol 26, nº3, pp. 203-209.
- Kennet, D.M. (1993). "Did Deregulation Affect Aircraft Engine Maintenance?. An Empirical Policy Analysis". *Rand Journal of Economics*, vol 24, nº4, pp.542-557.
- Kreps, D.M. (1990). *A Course in Microeconomic Theory*. Harvester Wheatsheaf.
- Loeb, P.D., Talley, W.K. y Zlatoper, T.J. (1994). *Causes and Deterrents of Transportation Accidents*. Quorum Books. Londres.
- McCullagh, P. y Nelder, J. (1983). *Generalised Linear Models*. Chapman & Hall. New York.
- Milgrom, P.R. y Roberts, J. (1987). "Informational Asymmetries, Strategic Behavior and Industrial Organization". *American Economic Review* 77, 184-193.
- Ministerio de Transportes Turismo y Comunicaciones (1986). *OACI Estructura y funcionamiento de la Organización de Aviación Civil Internacional*. Centro de publicaciones de dicho Ministerio.
- Ministerio de Fomento (1996). *Los Transportes y las Comunicaciones. Informe Anual 1995*.

- Mitchell, M.L. y Maloney, M.T. (1989). "Crisis in the Cockpit?. The Role of Market Forces in Promoting Air Travel Safety". *Journal of Law and Economics* 32, 29-355.
- Morrison, S.A. (1996). "Airline Mergers". *Journal of Transport Economics and Policy*, vol.30. No. 3, pp. 237-250.
- Neumann, J. von y Morgenstern, O. (1944). *Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton University Press.
- OACI (1984). *Accident Prevention Manual*. Doc 9422-AN/923.
- Oster JR, C.V. y Zorn, C.K. (1989). Is Still Safe to Fly? en Moses, L.N. y Savage, I. (ed.) *Transportation Safety in an Age of Deregulation*, Oxford University Press.
- Panzar, J.C. y Savage, I. (1989). "Regulation, Deregulation and Safety: An Economic Analysis", en Moses, L.N. and Savage, I. (ed.) *Transportation Safety in an Age of Deregulation*. Oxford University Press.
- Phillips, R.A. y Talley, W.K. (1992). "Airline Safety Investments and Operating Conditions: Determinants of Aircraft Damage Severity". *Southern Economic Journal*, vol 59, n°2, pp. 157-164.
- Phillips, R.A. y Talley, W.K. (1993). "Improving Commuter Air Carrier Safety Performance". *Transportation Quarterly*, vol 47, pp.247-256.
- Pryke, R. (1991). "American Deregulation and European Liberalisation", in *Transport in a Free Market Economy*, ed. by Banister, D and Button, K. MacMillan.
- Rose, N.L. (1989). "Financial Influences on Airline Safety" en Moses, L.N. y Savage, I. (ed.) *Transportation Safety in an Age of Deregulation*, Oxford University Press.

- Rose, N.L. (1990). "Profitability and Product Quality: Economic Determinants of Airline Safety Performance". *Journal of Political Economy*, vol 98, n° 5, pp.944-964.
- Rose, N.L. (1992). "Fear of Flying?. Economic Analyses of Airline Safety". *Journal of Economics Perspectives*, vol 6, n°2, pp.75-94.
- Segura, J. (1993). *Teoría de la Economía Industrial*. Editorial Civitas.
- Shavell, S. (1979). "Risk Sharing and Incentives in the Principal-Agent Relationship". *Bell Journal of Economics*, 10, pp.55-73.
- Shavell, S. (1987). *Economic Analysis of Accident Law*. Harvard University Press.
- Spence, A.M. (1975). "Monopoly, Quality and Regulation". *Bell Journal of Economics* 6, No.2, 417-429.
- Spence, A.M. (1977). "Consumer Misperceptions, Product Failure and Producer Liability". *Review of Economic Studies* 44, 561-572.
- The Economist, (1997). "Fasten your safety belts". 11 de enero.
- Viscusi, W.K. (1983). *Risk by Choice*. Harvard University Press.
- Weener, E.F. y Wheeler, P.B. (1992). "Key Elements of Accident Avoidance". *Logistics and Transportation Review*, vol. 28, n°1, pp.49-60.
- Winston, C. (1993). "Economic Deregulation: Days of Reckoning for Microeconomists". *Journal of Economic Literature*, vol 31, september, pp.1263-1289.