

# VALORACIÓN DE UNA COMPAÑÍA AÉREA MEDIANTE OPCIONES REALES

EVA GONZÁLEZ DE ARRILUCEA<sup>1</sup>

UNIVERSIDAD DEL PAIS VASCO (UPV – EHU)

e-mail: [deareva@telefonica.net](mailto:deareva@telefonica.net)

## Resumen

Se dice que existe una opción real en un proyecto de inversión cuando se presenta la posibilidad de actuar en el futuro, tras conocerse la resolución de algún factor que, en la actualidad, muestra cierto grado de incertidumbre. El proyecto de inversión que analizamos en este trabajo es la aerolínea United Airlines. El objetivo ha sido valorar esta empresa durante el último trimestre del año 2001, marcado por una crisis en el transporte aéreo tras el 11 - S, y comparar el valor de mercado con el valor teórico obtenido mediante el método de las opciones reales. A la hora de crear un modelo teórico que simule el contexto económico en el que la empresa realiza su actividad, se ha tenido en cuenta el riesgo y la incertidumbre provenientes de la evolución de cinco variables: el tipo de interés seguro, los ingresos y gastos de la empresa y, las volatilidades de ingresos y gastos, que se han considerado estocásticas. Nos hemos servido del Método de Monte Carlo y de un programa informático de análisis de riesgo, para obtener los resultados de valoración de United Airlines, confirmando la existencia de una crisis financiera dentro de la empresa. Finalmente, se ha realizado un análisis de sensibilidad de las variables del modelo y un breve repaso de la situación actual de la empresa.

*Palabras clave:* Teoría de Opciones Reales, Método Monte Carlo, Volatilidad Estocástica.

---

<sup>1</sup> Este trabajo forma parte de la tesis doctoral en curso “Valoración de proyectos empresariales mediante opciones reales” dirigida por los doctores Juan Mascareñas (Universidad Complutense de Madrid) y José Manuel Chamorro Gómez (Universidad del País Vasco)

## **1. Introducción.**

### La Teoría de las Opciones Reales.

Se dice que existe una opción real en un proyecto de inversión cuando se presenta la posibilidad de actuar en el futuro tras conocerse la resolución de algún factor que en la actualidad muestra cierto grado de incertidumbre. La teoría de las opciones reales estudia la forma de valorar un proyecto de inversión empresarial de forma análoga a la que se utilizaría para valorar una opción financiera. Es decir, se plantea una opción de compra o *call* sobre el activo subyacente<sup>2</sup> que en este caso es la aerolínea *United Airlines*.

Dado que puede invertirse en cualquier momento de tiempo, trataremos la opción sobre este proyecto empresarial como una opción americana, a diferencia de las opciones europeas en las que el momento en que pueden ser ejercidas está prefijado. Valoraremos el proyecto empresarial en el horizonte temporal elegido y después calcularemos su valor, descontando al tipo de interés libre de riesgo, en el momento en que deseamos conocer el valor teórico del proyecto. El momento en que nos interesa conocer el valor de la aerolínea lo hemos fijado en el último trimestre del año 2001.

Para realizar la valoración, crearemos un modelo y realizaremos una simulación de Monte Carlo que nos permita obtener el valor teórico de *United* en el último trimestre del año 2001. Después compararemos este valor con el observado que *United* alcanzó en los mercados de valores para tratar de evaluar el impacto del 11-S sobre el valor de la compañía.

### Situación del Transporte Aéreo en el Momento de la Valoración.

Tras los atentados del 11 de Septiembre del 2001, casi todas las empresas dedicadas al transporte aéreo sufrieron una caída en sus tasas de crecimiento. Sirva como ejemplo el hecho de que en los días siguientes a los atentados, las reservas de vuelos cayeron en más del 74% sólo en los EE.UU. y cerca del 20% en el resto del mundo.<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> Un activo derivado es aquel cuyos rendimientos dependen de otro, que llamamos activo subyacente.

<sup>3</sup> De la conferencia de Ginebra (octubre 2001) – Oficina Internacional de Trabajo

En este contexto, la mayoría de las compañías aéreas tuvo que reestructurar su programa de vuelos y servicios al público y, muchas de ellas, se colocaron al borde de la bancarrota. Esta situación, unida al factor-miedo que imperaba en los consumidores, creó un clima de inestabilidad e incertidumbre sobre la evolución futura de las empresas de transporte aéreo. En este sentido, los analistas pronosticaron un periodo de entre 18 y 24 meses hasta que la situación se normalizara dentro de la industria del transporte aéreo.<sup>4</sup>

Además, la crisis no sólo afectó a las aerolíneas; muchas empresas cuya actividad estaba relacionada en mayor o menor medida con el transporte aéreo resultaron perjudicadas, como aquellas relacionadas con mantenimiento y seguridad de los aeropuertos, servicios a los viajeros, alquiler de vehículos, restaurantes, etc. Un sector que resultó especialmente dañado fue el de manufactura de equipos de aviación: empresas como *Boeing*, *Cessna* o *Airbus* vieron reducida su actividad y sufrieron también recortes de empleo.

En el Gráfico 1 podemos ver una evolución del tráfico aéreo en EE.UU. desde 1989 hasta el tercer trimestre del 2002.

Desde 1989, los datos nos ofrecen una evolución del tráfico aéreo estable y continuada, con movimientos cíclicos que pueden verse en los repuntes del mes de agosto y final de año. Esta estabilidad se corta en septiembre del 2001, con una brusca caída en el volumen de tráfico aéreo de casi el 20% en el caso de EE.UU., volviendo a los niveles alcanzados seis años antes, y de algo más del 18% a nivel mundial.

Las rutas que más sufrieron la caída fueron aquellas que unen Europa occidental con Asia Central, las transatlánticas y las transpacíficas, seguidas por aquellas que unen Norteamérica con América del Sur, América Central y el Caribe. Las rutas que menos notaron el impacto fueron las que comunican el oeste de Europa con el este de Asia y con América latina<sup>5</sup>.

Una de las consecuencias de la caída en el volumen de tráfico aéreo fue la reducción de la plantilla en prácticamente todas las aerolíneas del mundo, pero de una forma mucho más acusada en las pertenecientes a EE.UU. En parte porque los

---

<sup>4</sup> Aviation Strategy : “Global Demand Outlook” (2001) - Ginebra (2001)

acontecimientos del 11-S sucedieron dentro del territorio de EEUU, y también porque allí, la primera reacción de las aerolíneas fue el recorte de empleo. Por el contrario, en otros lugares del mundo como Europa, se consideraron otras alternativas a la reducción de empleo y se realizaron numerosas negociaciones con los sindicatos y los trabajadores en el marco de las leyes reguladoras de empleo de cada uno de los países.

El nivel de empleo en la industria del transporte aéreo ya había sufrido un serio revés a principio de la década de los 90 con el conflicto de la Guerra del Golfo. La recesión en este sector duró hasta 1995, cuando los niveles de empleo se estabilizaron y comenzaron lentamente a ascender (ver Gráfico 2).

Tras el 11-S, las compañías aéreas de EE.UU. redujeron su plantilla en un 20%. Esta reducción fue seguida por Europa con un 10%, mientras que la caída en Asia fue menor; apenas el 2,5% y casi en su totalidad concentrada en compañías japonesas.

Las empresas relacionadas con el transporte aéreo de forma indirecta también se vieron obligadas a reducir su plantilla en mayor o menor medida. Sirva como ejemplo una de las mayores empresas de catering de EEUU, *LSG/Sky Chef*, que redujo su plantilla en un 30%. En total, dentro de ese sector, se pusieron en peligro más de 45.000 puestos de trabajo<sup>6</sup>.

Otra consecuencia fue la quiebra de varias aerolíneas que no gozaban de una posición demasiado sólida en el sector antes del 11-S, como es el caso de *Ansett* (Australia) o *Canadá 3000* (Canadá). Otras muchas se vieron en serios problemas para afrontar la crisis, como *Sabena* que quebró en noviembre con más de 1500 empleados en plantilla, *Air New Zealand* que necesitó ayuda del gobierno, o *Swissair* que desapareció en noviembre con más de 2600 empleados, dejando que su filial *Crossair* continuara la actividad.

Las pérdidas en el sector del transporte aéreo tras el 11 – S, ascendieron a más de diez mil millones de \$, comparado con la mayor crisis que había vivido antes el sector, justo después de la Guerra del Golfo, cuando las pérdidas alcanzaron la cifra, récord hasta entonces, de cuatro mil ochocientos millones de \$. Las aseguradoras

---

<sup>5</sup> Véase Morrell, y Alamdari (2002)

<sup>6</sup> Oficina Internacional de Trabajo- Ginebra (2002)

aumentaron las tasas a las aerolíneas hasta 4 y 5 veces la cantidad pagada antes del 11-S y, en la mayoría de los casos, ofreciendo una cobertura menor.

Entre las soluciones a barajar para hacer frente a la crisis estuvo la reducción temporal de salarios y jornadas de trabajo de los empleados de las aerolíneas (*British Airways, United Airlines, Lufthansa*) y las medidas de emergencia aprobadas por varios gobiernos, entre ellos el de EE.UU.<sup>7</sup>, o la Comisión Europea <sup>8</sup>, para conceder ayuda financiera a las grandes aerolíneas del país.

Otra medida para contrarrestar los efectos del 11 S sobre los usuarios, fue la creación de vuelos a bajo coste; algunas compañías como *Southwest Airlines* en EEUU o *Go* en Europa, empezaron a fletar vuelos reduciendo costes al máximo, operando en aeropuertos secundarios o eliminando algunos servicios durante el trayecto, de manera que los precios de los billetes pudieran ser menores, lo que impulsó a volar a muchos usuarios que antes no lo habían hecho, compensando de esta manera el descenso de viajeros debido al efecto miedo.

Además, como respuesta a la crisis, comenzaron las fusiones y alianzas entre las compañías aéreas en un intento de reducir los costes y aumentar el volumen de negocio. *OneWorld* (a la que pertenece la compañía española *Iberia*), *Star Alliance* (fundada en 1997, a la que pertenece *United Airlines*, ver Tabla 1 “Miembros de Star Alliance), *Wings* y *Sky Team* son algunas de ellas.

Aunque las alianzas pueden ofrecer todas las ventajas de ser una gran compañía, también pueden traer problemas de incertidumbre para los inversores, costes de transacción, y dificultades derivadas de intensificar la cooperación entre empresas que en un principio son distintas entre sí.

---

<sup>7</sup> El gobierno de los EEUU creó un paquete de medidas de emergencia el 21 de Septiembre del 2001 incluyendo una ayuda inmediata de 5 mil millones de \$ y 10 mil millones más en forma de activos garantizados por el estado. La ayuda estaba sujeta a la congelación de salarios hasta Septiembre del 2003 y la obligación de prestar ciertos servicios mínimos.

<sup>8</sup> Las medidas tomadas por la Comisión Europea incluían compensar a las aerolíneas por los incrementos en las tasas de las aseguradoras hasta marzo del 2002, favorecer las fusiones entre compañías, ayudar a la instalación de medidas de seguridad en los aeropuertos y compensaciones directas por la pérdida de ingresos en los días sucesivos al 11-S.

Otras estrategias de las aerolíneas se centraron en suprimir algunas rutas que no eran suficientemente productivas y reducir la frecuencia de otras (*Alitalia*), eliminar los gastos de capital que no fueran esenciales, congelar la contratación de nuevo personal y eliminar en la medida de lo posible los puestos de trabajo de contratación temporal (*Australian Airlines Group*).

Por otra parte, a partir del 11-S han aumentado las medidas de seguridad en el sector del transporte aéreo y también las ayudas a la investigación encaminadas a resolver los posibles problemas de seguridad aérea que pudieran plantearse en el futuro.

## **2. United Airlines.**

*UAL Corporation* es un holding, cuyo principal subsidiario es la compañía *United Airlines*. *United*, con sede en Chicago y fundada en 1926, es una empresa de transporte aéreo de personas, mercancías y correo dentro y fuera de los EE.UU., que enlaza con las rutas del Pacífico, Atlántico y Latinoamérica. El principal accionista de *United* son los propios empleados, que poseen aproximadamente el 55% de la empresa.

*United* ha formado alianzas con otras aerolíneas para mejorar su servicio y ampliarlo. Pertenece a la alianza multilateral *Star Alliance* creada en 1997. Pero *United* también ha creado alianzas a título individual con algunas compañías aéreas como *Spanair Aloha*, *BWIA West Indies Airways*, *Continental Connection* y *Emirates Saudi Arabian Airlines*

Hemos elegido esta empresa para nuestro análisis porque es una de las compañías aéreas mayores del mundo, cotiza en bolsa y, además, sufrió los efectos del 11-S de forma directa ya que dos de los cuatro aparatos secuestrados pertenecían a *United Airlines*.

Como puede verse en el Gráfico 3, los acontecimientos del 11-S fueron a empeorar la ya delicada situación financiera de la empresa.

Durante la primera mitad del año 2001, la industria del transporte aéreo había experimentado una disminución en su nivel de ingresos en general como resultado del descenso en el nivel de tráfico aéreo. Inmediatamente después de los atentados,

*United* redujo su capacidad operativa en algo más del 23%, también revisó sus contratos con *Airbus* y *Boeing* para retrasar las compras de varios aparatos previstas para los años 2002 y 2003. Los gastos operativos en el tercer trimestre aumentaron en 1300 millones de \$ y, los no operativos directamente relacionados con el 11-S, en 49 millones de \$. A pesar de la inyección de liquidez recibida por la ley ATSSS<sup>9</sup> de 652 millones de \$, los ingresos disminuyeron significativamente y también los flujos de caja (ver Gráfico 4).

Debido a la crisis, *United* se vio obligada a reducir su plantilla en 20.000 empleados, aproximadamente el 20% del total de la plantilla. Otra de las consecuencias a las que la empresa tuvo que hacer frente, fue a la oposición de la plantilla a estos recortes laborales y salariales que desembocaron en diversas huelgas de personal.

### **3. Caracterización del Problema.**

Desarrollaremos un modelo de valoración que recoja las variables más representativas a la hora de determinar el valor de *United Airlines* en el trimestre inmediatamente posterior al 11-S.

Las variables que consideramos más representativas para valorar la compañía serán los ingresos, los costes y el tipo de interés seguro de la economía. También introduciremos en el modelo la idea de la volatilidad estocástica, es decir, permitiremos que la volatilidad de los ingresos y los costes varíe a lo largo del tiempo de una forma consistente. De hecho, suponer que la volatilidad del activo subyacente permanece constante a lo largo del tiempo, resulta tanto menos satisfactorio cuanto mayor sea el horizonte temporal considerado.

Oztukel y Wilmott (1996) plantean la posibilidad de incluir en el modelo la volatilidad del rendimiento diario de un índice y el tipo de interés definidos estocásticos, siempre y cuando se incluya un precio del riesgo asociado a aquellas variables estocásticas no negociadas. De esta forma puede resultar más sencillo trabajar con variables cuyo comportamiento en el futuro no es fácil de predecir. Oztukel y Wilmott determinan un patrón estocástico para la volatilidad ajustando la

---

<sup>9</sup> ATSSS es el acrónimo de Air Transportation Safety and System Stabilization Act.

tendencia y la varianza a los datos empíricos, suponiendo que ambas son independientes del tiempo y que la volatilidad está incorrelada con el subyacente.

Por su parte, Winkler, Apel y Wystup (2001), asumiendo un modelo de volatilidad estocástica de Heston, valoran una opción de compra y obtienen una distribución del subyacente que se ajusta mejor a las observaciones empíricas que el supuesto de una distribución normal.

Finalmente, Masoliver y Perelló (2001) realizan un estudio en el que la volatilidad de mercado estocástica está correlada con los rendimientos del mercado. Concluyen que la volatilidad muestra una distribución en forma de U, donde el mínimo se presenta cuando el precio de ejercicio se iguala al precio del activo. Esto se conoce como “efecto sonrisa” (*smile effect*) y sugiere que no resulta del todo adecuado suponer la volatilidad constante.

Definimos los ingresos de la empresa  $R$  siguiendo un proceso Browniano con volatilidad estocástica<sup>10</sup>:

$$\frac{dR_t}{R_t} = \mu_t dt + \sigma_t dz_t^1 \quad (1)$$

$$d\sigma_t = -k(\sigma_t - \theta)dt + \xi_t dz_t^2 \quad (2)$$

$\mu$  es la tendencia de las ventas;

$\sigma$  es la volatilidad instantánea de los ingresos;

$\xi$  es la volatilidad de la volatilidad de los ingresos;

$z_t^i$  para  $i=1,2,3,4$  son procesos de Wiener donde  $dz_t^i = \varepsilon_t^i \sqrt{dt}$  y  $\varepsilon_t^i$  es un ruido blanco gaussiano de media cero y  $dz_t^i dz_t^j = \rho_{ij} dt$ .

$\theta > 0$  es la volatilidad de los ingresos en el largo plazo o volatilidad media del sector;

$k > 0$  es la velocidad de ajuste de la volatilidad de los ingresos a su valor medio en el sector;

Respecto a  $\xi_t$ , suponemos que los cambios no anticipados tenderán a ser nulos:

---

<sup>10</sup> El sistema de ecuaciones que define la evolución de los ingresos se define en Masoliver y Perelló (2001), y está basado en el modelo Ornstein-Uhlenbeck para definir el valor de una opción con volatilidad estocástica.

$$d\xi_t = -k\xi_t dt \quad (3)$$

Definimos los costes de la empresa siguiendo las pautas de Schwartz y Moon (2001), pero considerando la volatilidad estocástica.

Suponemos que el coste en cada momento  $C_t$  tiene dos componentes: un componente fijo y otro variable proporcional a los ingresos de la empresa:

$$C_t = F + \pi_t \quad (4)$$

El parámetro del componente variable  $\pi_t$  es estocástico y cambia en el tiempo dependiendo de factores tales como la competitividad o el desarrollo tecnológico. Lo definimos teniendo en cuenta que la volatilidad también es estocástica:

$$\frac{d\pi_t}{\pi_t} = \nu_t dt + \phi_t dz_t^3 \quad (5)$$

$$d\phi_t = -k(\phi_t - \omega)dt + \zeta_t dz_t^4 \quad (6)$$

donde :

$\nu$  es la tendencia de los costes variables en el tiempo;

$\phi$  es la volatilidad instantánea de los costes variables;

$\zeta$  es la volatilidad de la volatilidad de los costes variables;

$\omega > 0$  es la volatilidad de los costes variables en el largo plazo o volatilidad media del sector;

$k > 0$  es la velocidad de ajuste de la volatilidad de los costes variables a su valor medio en el sector;

Respecto a  $\zeta$ , vamos a suponer que los cambios no anticipados tenderán a ser nulos. Por tanto:

$$d\zeta_t = -k\zeta_t dt \quad (7)$$

El tipo de interés seguro  $r_t$  va a seguir el proceso estocástico establecido por Vasiceck (1977). Este proceso presenta reversión a la media y volatilidad constante<sup>11</sup>:

$$dr_t = k(\gamma - r_t)dt + \psi_t dz_t^5 \quad (8)$$

$\gamma$  es el tipo de interés seguro a largo plazo;

$k$  es la velocidad de ajuste del tipo de interés a su media en el largo plazo;

$\psi_t$  es la volatilidad instantánea;

$dz_t^5$ : incremento de un proceso Gauss – Wiener tal que  $dz_t^5 = \varepsilon_5 \sqrt{dt}$  y  $\varepsilon_5$  es variable aleatoria que sigue una distribución normal  $N(0,1)$

De nuevo, suponemos que los cambios no anticipados en la volatilidad del tipo de interés seguro tenderán a ser nulos en el largo plazo y, por lo tanto:

$$d\psi_t = -k\psi_t dt \quad (9)$$

Con respecto a la correlación entre la evolución de las variables que presentan cambios no anticipados en este modelo, suponemos que existe relación entre los ingresos y los costes:

$$dz_t^1 dz_t^3 = \rho_{13} dt \quad (10)$$

y entre las volatilidades de los ingresos y los costes:

$$dz_t^2 dz_t^4 = \rho_{24} dt \quad (11)$$

También supondremos que no existe correlación entre los cambios no anticipados de estas variables y el tipo de interés seguro de la economía.

$$dz^i dz^5 = 0 \text{ para } i=1,2,3,4$$

---

<sup>11</sup> Otro proceso distinto es el estudiado por Cox, Ingersoll y Ross (1985), usado también por Ibáñez y Zapatero (2001), en el que se define el tipo de interés con reversión a la media y volatilidad estocástica. Resulta interesante usarlo cuando los tipos de interés están próximos a cero porque evita la posibilidad de obtener resultados negativos.

Siguiendo a Schwartz y Moon (2001), el flujo de caja neto después de impuestos viene dado por la expresión:

$$Y_t = (R_t - C_t - \text{Dep}_t) (1 - \tau_c) \quad (12)$$

donde  $\tau_c$  es la tasa impositiva que soporta la empresa.

Se pagará  $\tau_c (R_t - C_t - \text{Dep}_t)$  siempre que el resultado del saldo entre ingresos y gastos no sea negativo para la compañía.

$\text{Dep}_t$  es el volumen de depreciación anual, que equivale a un porcentaje del valor de los bienes de la empresa (equipos, bienes materiales y maquinaria).

Definimos el traslado de créditos a ejercicios futuros (L) como:

$$\begin{aligned} dL_t &= -Y_t dt \quad \text{si } L_t > 0 \\ &\text{o bien} \\ dL_t &= \text{Max} [-Y_t dt, 0] \quad \text{si } L_t = 0 \end{aligned} \quad (13)$$

Denotamos por P al valor de los bienes amortizables de la empresa en cada momento (equipo, bienes materiales y maquinaria); diremos que P cambia en el tiempo influido por los nuevos gastos en bienes que se realicen en cada periodo de tiempo y la tasa de amortización de esos bienes, de la siguiente forma:

$$dP_t = (PG_t - \text{Dep}_t) dt \quad (14)$$

donde PG es la compra de bienes materiales, equipo y maquinaria en cada momento del tiempo, que normalmente equivale a un porcentaje de los ingresos de la empresa.

La política de la empresa no incluye el pago de dividendos a sus accionistas<sup>12</sup>; el efectivo se reinvierte al tipo de interés seguro, y permanece en la empresa hasta el horizonte temporal elegido T.<sup>13</sup>

---

<sup>12</sup> La empresa pagó un dividendo trimestral de 0.3125 \$ por acción durante los dos primeros trimestres del 2001. El Consejo de Dirección redujo el dividendo del tercer trimestre a 0.05 \$ por acción en una resolución del 3 de julio del 2001. Después, el Consejo de Dirección suspendió futuros pagos de dividendos en una resolución del 27 de Septiembre del 2001. El posible pago de dividendos en el futuro, así como la cantidad a pagar, serán determinados por los directores de la empresa en base a las ganancias, la condición financiera de la compañía y otros factores relevantes. (Fte: Informe Financiero 2001).

Por lo tanto, la evolución de la cantidad de efectivo disponible en cada momento,  $X_t$ , vendrá dada por los intereses obtenidos con la inversión del efectivo y el flujo de caja, descontando el gasto realizado en equipo, bienes materiales y maquinaria:

$$dX_t = [r_t X_t + Y_t - PG_t + Dep_t] dt \quad (15)$$

Si consideramos un horizonte temporal de 25 años, en un contexto de neutralidad al riesgo, el valor actual de la empresa será el valor al final del horizonte temporal elegido, descontado al tipo de interés libre de riesgo.

El valor total en el horizonte temporal elegido será el efectivo que quede al final, más el valor de la empresa considerado como un múltiplo  $M$  del EBITDA<sup>14</sup>. El cálculo del valor se realiza bajo los supuestos de no arbitraje y mercados completos.

$$\text{Valor de } United = V(R, \sigma, C, \phi, r, L, X, P, t)$$

$$V_{(4^{\text{o}} \text{ Trim } 01)} = E \{ [ X_T + M * \text{EBITDA} ] e^{-rT} \} \quad (16)$$

donde  $E$  es la medida de probabilidad a la que se descuenta el valor de la compañía (el equivalente martingala).

De la misma forma que en el trabajo de Schwartz y Moon (2001), suponemos que todos los coeficientes de reversión a la media son iguales, con un valor que derivaremos de la vida media esperada de las desviaciones de la tasa de crecimiento de los ingresos.

En el modelo hemos definido cinco fuentes de incertidumbre: sobre el tipo de interés, sobre los ingresos y su volatilidad y sobre los costes y su volatilidad. En principio, resulta difícil obtener datos empíricos para los precios del riesgo asociados a estas

---

<sup>13</sup> La política de inversiones de *United Airlines* intenta compensar el riesgo derivado del tipo de interés, variando la inversión dependiendo de las condiciones de mercado. (Informe Financiero Anual 2001)

<sup>14</sup> EBITDA es el acrónimo de *Earning Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization*. Esta medida del valor terminal se usa también en Schwartz y Moon (2000), Copeland y Antikarov (2001).

variables, pero tenemos datos sobre la beta (la medida del riesgo no diversificable de la empresa) proporcionados por los informes financieros anuales.

Suponemos, por tanto, que estas variables son ortogonales a los rendimientos del mercado y asociaremos una prima de riesgo a los ingresos que derivaremos de la beta de la empresa.<sup>15</sup>

Por lo tanto, el proceso ajustado al riesgo para los ingresos queda:

$$dR_t/R_t = (\mu_t - \lambda_R \sigma_t) dt + \sigma_t dz^*_1 \quad (17)$$

donde  $\lambda_R(R, \sigma, t)$  es el precio de riesgo de los ingresos., y el asterisco indica que el proceso está ajustado al riesgo.

---

<sup>15</sup> El proceso para asociar la beta de la empresa al precio del riesgo asociado a los ingresos se detalla en Schwartz y Moon (2001):

Podemos escribir la beta del valor de la empresa como función de la beta de los ingresos:

$$\beta_V = \frac{\sigma_{VM}}{\sigma_M^2} = \frac{RV_R}{V} \frac{\rho_{RM} \sigma_M \sigma_t}{\sigma_M^2} = \frac{RV_R}{V} \beta_R$$

El rendimiento esperado de la empresa se puede escribir siguiendo el modelo CAPM:

$$\bar{R}_V = r + \beta_V (\bar{R}_M - r) = r + \frac{RV_R}{V} \beta_R (\bar{R}_M - r)$$

donde:

$\bar{R}_V$  : rendimiento esperado del valor de la empresa

$\bar{R}_M$  : rendimiento esperado de la cartera de mercado

La prima de riesgo del modelo puede escribirse como:

## EL MODELO EN TIEMPO DISCRETO

A fin de resolver este modelo por simulación, resulta más conveniente reescribir las ecuaciones en forma discreta.

La evolución de los ingresos en el tiempo se obtiene de la ecuación (1):

$$R_{t+\Delta t} = R_t \exp \{ [\mu_t - \lambda_R \sigma_t - (\sigma_t^2/2)] \Delta t + \sigma_t \sqrt{(\Delta t \varepsilon_1)} \}$$

De la ecuación (2) obtenemos la evolución en el tiempo de la volatilidad de los ingresos:

$$\sigma_{t+\Delta t} = \sigma_t \exp \{-k\Delta t\} + (1 - \exp \{-k\Delta t\}) \theta + \xi_t \sqrt{(\Delta t \varepsilon_2)} \sqrt{[(1 - \exp \{-2k\Delta t\})/2k]}$$

De la ecuación (5) obtenemos la evolución de los costes variables:

$$\pi_{t+\Delta t} = \pi_t \exp \{ [v_t - (\phi_t^2/2)] \Delta t + \phi_t \sqrt{(\Delta t \varepsilon_3)} \}$$

De la ecuación (6) obtenemos la evolución en el tiempo de la volatilidad de los costes:

$$\phi_{t+\Delta t} = \phi_t \exp \{-k\Delta t\} + (1 - \exp \{-k\Delta t\}) \omega + \zeta_t \sqrt{(\Delta t \varepsilon_4)} \sqrt{[(1 - \exp \{-2k\Delta t\})/2k]}$$

De la ecuación (8) obtenemos la evolución del tipo de interés:

$$r_{t+\Delta t} = r_t \exp \{-k\Delta t\} + (1 - \exp \{-k\Delta t\}) \gamma + \psi_t \sqrt{(\Delta t \varepsilon_5)} \sqrt{[(1 - \exp \{-2k\Delta t\})/2k]}$$

---

$$\lambda_t = \beta_R (\bar{R}_M - r_t)$$

Relacionando la beta de la empresa con la prima de riesgo del modelo obtenemos:

$$\beta_V = \frac{RV_R}{V} \frac{\lambda_t}{(\bar{R}_M - r_t)}$$

De las ecuaciones (3), (7) y (9) obtenemos la dinámica de los cambios en las volatilidades:

$$\xi_t = \xi_0 \exp(-kt)$$

$$\zeta_t = \zeta_0 \exp(-kt)$$

$$\psi_t = \psi_0 \exp(-kt)$$

De las ecuaciones (13) y (15) obtenemos la evolución en el tiempo del traslado de créditos y del flujo de caja:

$$L_t = Y_0 \exp\{-t\}$$

$$X_t = X_0 \exp\{rt\} + Y_0 \exp\{t\} + PG_0 \exp\{-t\} + Dep_0 \exp\{t\}$$

De la ecuación (14) obtenemos la evolución de los bienes amortizables:

$$P_t = PG_0 \exp\{t\} + Dep_0 \exp\{-t\}.$$

#### 4. Datos Financieros del Modelo.

Los datos financieros que necesitamos para simular el modelo están recogidos en la tabla siguiente:

**TABLA 2 DATOS FINANCIEROS DE UNITED AIRLINES**  
**(Último trimestre 2001)**

PARÁMETRO	FUENTE	VALOR
$R_0$	Informe Anual/Trim. 2001	2949 millones \$
$\mu_0$	Informes Anuales desde 1986	5.9%
Beta	<a href="http://biz.yahoo.com/p/u/ual.html">http://biz.yahoo.com/p/u/ual.html</a>	1.77
$\sigma_0$	Estimado de los ingresos trimestrales	3.73%

$\theta$	Varios informes anuales <sup>16</sup>	4.74%
$\xi_0$	Curtosis de la serie temporal de los ingresos <sup>17</sup>	1.6%
$k$	Estimada sobre la vida media supuesta del ajuste al valor a largo plazo	0.07
$\pi_0$	Informe financiero 2001 <sup>18</sup>	3257 millones \$
$\nu_0$	Informes anuales desde 1986	7.4%
$\phi_0$	Estimado de los costes trimestrales	2.40 %
$\omega$	Varios Informes Anuales <sup>19</sup>	4.68%
$\zeta_0$	Curtosis de la serie temporal de los gastos	2.01%
$r_0$	Bonos a 30 años USA	5.21% (1.3% Trim)
$\gamma$	Inferida datos pasados de los bonos a 30 años USA	6.16%(1.5% trim)
$\psi_0$	Estimada de los bonos a 30 años USA	6.11%
$X_0$	Informe Financiero 2001	1688 millones \$
$PG_0$	Informe anual 2001	1248 millones \$
$Dep_0$	Informe Anual 2001 <sup>20</sup>	256,5 millones \$

<sup>16</sup> La volatilidad media de los ingresos ha sido estimada a partir de las 10 empresas con mayor capitalización de mercado en el sector del transporte: United Parcel Service (1.71%), Fedex Corporation (1.29%), Union Pacific Corporation (4.28%), Cendant Corporation (18.56%), Southwest Airlines (3.87%), Burlington Northern Santa Fe Corporation (5.15%), BAA plc (2.99%), Canadian National Railway Company (3.20%), Norfolk Southern Corporation (3.83%) y TPG N.V (2.57%).

<sup>17</sup> El coeficiente de curtosis es uno de los valores típicos de forma, junto con el coeficiente de asimetría (*skewness*). La curtosis hace referencia al apuntamiento de una distribución de frecuencias y caracteriza la elevación o el achatamiento relativos de una distribución, comparada con la distribución normal. Una curtosis positiva indica una distribución relativamente elevada, mientras que una curtosis negativa indica una distribución relativamente plana. En un modelo de volatilidad estocástica, la volatilidad de la volatilidad es el parámetro que controla el nivel de curtosis de la distribución por lo que, a menudo, se alude a la curtosis denominándola “volatilidad de la volatilidad”. Ver Theodorakakos (2001)..

También: <http://www.duke.edu/~charvey/Classes/wpg/bfglosk.htm>

<sup>18</sup> Los costes incluidos en esta partida son: costes salariales, combustible, comisiones, gastos derivados de las compras, alquileres, derechos de aterrizaje, gastos de mantenimiento, amortizaciones varias, costes derivados de las ventas, y otros gastos.

<sup>19</sup> La volatilidad media de los costes ha sido estimada a partir de las 10 empresas con mayor capitalización de mercado en el sector del transporte: United Parcel Service (1.82%), Fedex Corporation (1.57%), Union Pacific Corporation (5.95%), Cendant Corporation (14.05%), Southwest Airlines (2.23%), Burlington Northern Santa Fe Corporation (5.33%), BAA plc (4.44%), Canadian National Railway Company (3.11%), Norfolk Southern Corporation (6.78%) y TPG N.V (1.51%).

T	Momento del tiempo en el que se espera que <i>United Airlines</i> se comporte como una empresa estándar	100 Trim (25 años)
$\Delta t$		1 Trimestre

## 5. Resultados de la Simulación.

A fin de calcular el valor actual de los activos de United hemos tomado el modelo en tiempo discreto, considerando un horizonte temporal de 25 años. Para cada uno de los parámetros que presentan incertidumbre en el futuro (gastos, ingresos, sus respectivas volatilidades y el tipo de interés), utilizando el programa @ Risk 4.5, se han realizado 10.000 simulaciones en cada trimestre, de las cuales se ha elegido el valor medio obteniéndose al final un solo valor por trimestre (100 valores en total).<sup>21</sup>

Para obtener el valor de la acción dividiremos el valor actual de los flujos de caja generados por los activos entre el número total de acciones, teniendo en cuenta la existencia de la deuda a largo plazo de la empresa.<sup>22</sup>

Los resultados obtenidos para las variables del modelo tras la simulación están recogidos en la Tabla 3

¡Siguiendo los resultados de la simulación, el valor de United Airlines durante el último trimestre del año 2001 no alcanzaba los 25 millones de \$, lo que significaría un valor por acción de apenas 0.5 \$. Este valor es claramente inferior a la cotización media en bolsa durante el periodo, que fue de algo más de 14 \$ por acción. Sin embargo, resulta interesante el hecho de que, en el periodo posterior al utilizado en este análisis, la cotización el bolsa de United descendió progresivamente hasta alcanzar valores cercanos a cero (ver Sección VII Situación Actual).

<sup>20</sup> Se estima una vida útil de 4 a 30 años para las aeronaves, de 25 a 45 años para los edificios, y entre 3 y 15 años para otros componentes del equipo de la empresa. Cuando se trata de contratos de alquiler, la vida útil se estima de 10 a 20 años para aeronaves y simuladores de vuelo, y 25 años para los edificios.

<sup>21</sup> INFORMACIÓN DE LA SIMULACIÓN: N° simulaciones:1; N° iteraciones: 10.000; Inputs: 6; Outputs: 1; Tipo Simulación: Monte Carlo; Duración Simulación 54' 15"; Errores totales: 0.

<sup>22</sup> El número de acciones sobre el que se ha realizado el cómputo para el último trimestre del año se ha obtenido directamente del Informe Anual de United Airlines del año 2001.

Resultaría arriesgado afirmar que la precaria valoración obtenida por United Airlines durante el último trimestre del 2001 se debió únicamente a los acontecimientos del 11-S, puesto que la situación financiera de la empresa ya venía siendo problemática desde antes. La cotización de United había sufrido una fuerte caída desde principios del año 2001 debido a un descenso general en los niveles del tráfico aéreo; además, los precios del combustible aumentaron en un 50% desde 1999 al 2000. Por su parte, los costes laborales habían aumentado a una tasa más alta que la inflación y la cantidad a pagar a los aeropuertos federales aumentó en unos 30 millones de \$ desde 1999 al 2001.

Todos estos factores estaban provocando una caída de los ingresos netos desde 1999.<sup>23</sup> Los acontecimientos del 11-S no hicieron sino agudizar una situación de crisis latente dentro de la empresa.

## **6. Análisis de Sensibilidad.**

En el Gráfico 5 se refleja la influencia que los cambios en algunas variables del modelo tienen sobre el valor de United Airlines:

La variable ingresos es la que más influye en el valor de la empresa. El coeficiente de correlación entre ambas variables es de 0.36. La siguiente variable en importancia es la volatilidad de los ingresos, que presenta un coeficiente de correlación con el valor de la empresa de 0.017. Tras ella viene el tipo de interés, con el 0.014; la volatilidad de los costes con el 0.007 y el efectivo con el 0.003. Únicamente los costes de la empresa ejercen un efecto negativo sobre el valor de la misma con un coeficiente de correlación de - 0.0069.

Los resultados obtenidos en este análisis están en consonancia con las teorías económicas tradicionales y con la teoría de las opciones reales. El valor de la empresa será mayor a medida que aumenten los ingresos y la cantidad de efectivo, y disminuirá cuando los costes sean mayores. De la misma forma, al aumentar el tipo de interés, también aumenta la remuneración que la empresa recibe a cambio de sus inversiones, con el consiguiente aumento de su valor.

---

<sup>23</sup> Ver gráficos 3 y 4.

Por su parte, cuanto mayor sea la volatilidad de las variables, mayor será el valor del proyecto, en tanto que aumentan las posibilidades de alcanzar los valores deseados y la responsabilidad limitada de los inversores les protege de pérdidas superiores a su compromiso inicial.<sup>24</sup>

## **7. Situación Actual.**

Un año después del análisis que hemos realizado, el negocio de las aerolíneas no se encuentra en su mejor momento. La crisis en el sector se agudiza por el endurecimiento de las medidas de seguridad que ocasiona retrasos en los vuelos, largas esperas en facturación y pérdida de eficiencia en general. En Noviembre del 2002, el tráfico descendió entre un 10 y un 15% respecto a la cifra de hace dos años, a pesar de que las tarifas en media han sido casi un 18% más bajas. En general, las pérdidas del 2002 se esperan superiores a los 9 mil millones de \$.<sup>25</sup>

La situación de *United Airlines* es bastante delicada. Aunque es la segunda aerolínea mayor del mundo (tras la absorción de *TWA* por parte de *American Airlines*), con unos activos valorados en 25.197 millones de dólares y 80.000 trabajadores en plantilla, el 9 de Diciembre del 2002, incapaz de afrontar su deuda de casi 1.200 millones de dólares, se ha declarado en suspensión de pagos acogándose a la Ley de Bancarrota. En el primer trimestre del 2002 la empresa registró pérdidas de 1.700 millones de \$ y se espera que las pérdidas del año 2002 alcancen los 2.300 millones de \$.

A pesar de suponer el 19% de los vuelos nacionales en EE.UU. y realizar unos 1800 vuelos diarios con 557 aviones, la crisis del 11-S no hizo más que empeorar la ya frágil situación de la compañía y, como puede verse en el Gráfico 6, durante el 2002 el valor de las acciones en bolsa ha descendido considerablemente.

Entre las medidas inmediatas tomadas para solucionar la situación está un crédito de 1500 millones concedido por los bancos para que la empresa pueda continuar sus operaciones con normalidad. También se baraja una reducción de la plantilla, reducciones salariales, recortes en los gastos de capital, la venta de activos no esenciales, reducción de la flota de aviones o la supresión de las rutas menos rentables.

---

<sup>24</sup> Ver Huchzermeier y Loch (2001)

<sup>25</sup> Ver "The Economist" (30 Nov-6 Dic 2002) – "A Special Thanksgiving"

## 8. Conclusiones.

La Teoría de las Opciones Reales ofrece un instrumento de valoración para los proyectos empresariales basado en la valoración de las opciones financieras.

La evolución de las variables que presentan incertidumbre y que se consideran relevantes a la hora de valorar la empresa, se define mediante un sistema de ecuaciones que recogen las características más importantes de cada variable. En este trabajo hemos considerado variables típicas en este tipo de estudios, como son los costes e ingresos de la empresa y el tipo de interés seguro de la economía. Pero al mismo tiempo hemos definido la evolución de estas variables de una forma lo más acorde posible con la realidad, es decir, suponiendo que el tipo de interés seguro no es constante, sino que evoluciona a medida que pasa el tiempo, y que la volatilidad de las variables ingresos y costes de la empresa presenta a su vez una tendencia y una volatilidad en el tiempo.

Los datos publicados por United Airlines han sido la base para obtener los valores necesarios a la hora de implementar el modelo, cuyas características se ajustan a las requeridas para simular con el Método de Monte Carlo, en tanto que es el método más adecuado cuando se trabaja con varias fuentes de incertidumbre y con variables cuya evolución depende en parte de su historia pasada. Además existe software que facilita la valoración mediante el método de Monte Carlo y el análisis de sensibilidad del modelo.

A pesar de que la valoración de United Airlines ha sido realizada en un momento crítico para la compañía, lo cierto es que los resultados que hemos obtenido se corresponden con la evolución pasada de la empresa, marcada por dificultades económicas y financieras, y también con la evolución de la misma tras el periodo en que ha sido valorada.

No obstante, las opiniones de los analistas<sup>26</sup> sobre el futuro de la empresa son relativamente optimistas: se espera que con la ayuda de los créditos otorgados por los

---

<sup>26</sup> Ver: <http://espanol.news.yahoo.com/021209/2/fr61.html>; [www.air-market.com/02-01/futuro.htm](http://www.air-market.com/02-01/futuro.htm);

bancos y una correcta administración, la empresa sea capaz de remontar y mejorar sus resultados en ejercicios posteriores.

## **9. Bibliografía.**

J.Cox; J. Ingersoll; S. Ross (1985) “An intertemporal general equilibrium model of asset prices” *Econometrica* Vol. 53 N° 2.

A. Huchzermeier; C. Loch (2001) “Project management under risk” *Management Science*, Enero, vol 47 n° 1 pag 85-101

A. Ibáñez; F. Zapatero (2001). “Monte Carlo valuation of american options through computation of the optimal exercise frontier”

<http://www.cirano.qc.ca/financegroup/activites/A56-04032002-03.pdf>

J. Masoliver; J. Perelló (2001): “A correlated stochastic volatility model measuring leverage and other stylized facts” *International Journal of Theoretical and Applied Finance*. World Scientific Publishing Company.

<http://www.ffn.ub.es/pages/preprint3.pdf>

P. Morrell; F. Alamdari (2002): “The impact of 11 September on the aviation industry. Traffic, capacity, employment and restructuring”

<http://www.ilo.org/public/english/dialogue/sector/techmeet/tmica02/tmica-wp181.pdf>

A. Oztukel, P. Wilmott (1996): “Uncertain parameters, an empirical stochastic volatility model and confidence limits”

<http://www.maths.ox.ac.uk/mfg/papers/volmodel.pdf>

E. Schwartz; M. Moon (2001): “Rational pricing of Internet companies” edición revisada <http://citeseer.nj.nec.com/schwartz00rational.html>

Y. Theodorakakos (2001): “An alternative option pricing model and the effects of modelling volatility within a stochastic context as observed in FTSE-100 index options” University of Manchester

<http://info.sm.umist.ac.uk/dissertation/dissertations/Theodorpart1.pdf>

O. Vasicek (1977): “An Equilibrium Characterization of the Term Structure” *Journal of Financial Economics*

G. Winkler; T. Apel; U. Wystup (2001): “Valuation of options in Heston’s stochastic volatility model using finite element methods” Foreign Exchange Risk. Risk Publications London 2001

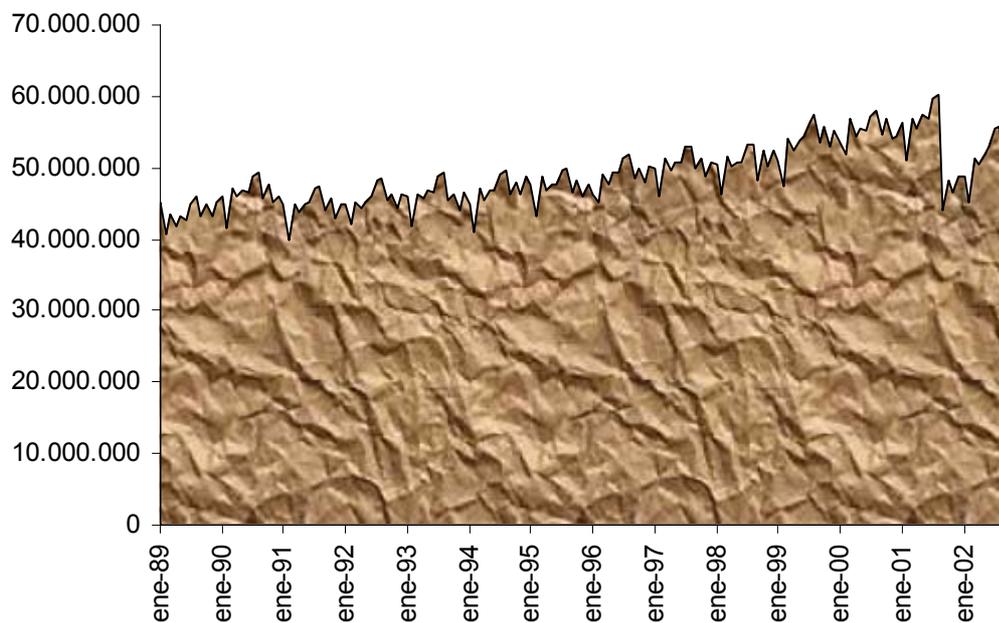
Conferencia sobre aviación civil en Ginebra: “The social impact on civil aviation of events subsequent to 11 September 2001” OIT (2001)

<http://www.ilo.org/public/english/dialogue/sector/techmeet/tmica02/tmica-wp182.pdf> “Tripartite meeting on civil aviation: social and safety consequences el the crisis subsequent to 11 September 2001” OIT (2002)

<http://www.ilo.org/public/english/dialogue/sector/techmeet/tmica02/tmica-ip.pdf>

## 10. Anexos: Tablas y Gráficos.

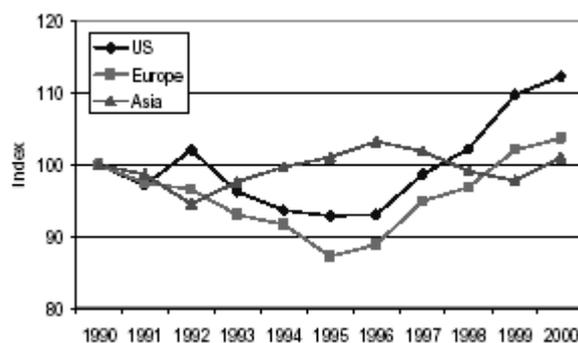
GRÁFICO 1: TRÁFICO MENSUAL DE PASAJEROS EN EE.UU.  
(AVS en miles <sup>27</sup>)



Fte: Air Transport Association <http://www.airlines.org/public/home/default1.asp>

<sup>27</sup> AVS es el acrónimo de *Available Seat Miles*, una medida del tráfico aéreo equivalente al número de asientos multiplicado por la distancia viajada para cada uno de los vuelos.

GRÁFICO 2: EVOLUCIÓN DEL EMPLEO EN EL TRANSPORTE AÉREO



Fte: Oficina Internacional de Trabajo - Ginebra (2001)

TABLA 1 MIEMBROS DE STAR ALLIANCE

NOMBRE COMPAÑÍA	AÑO ADHESIÓN
Air Canada	1997
Air New Zealand	1999
All Nipon Airways	1999
Australian Airlines	2000
British Midland Airways	2000
Lauda Air	2000
Lufthansa	1997
Mexicana Airlines	2000
Scandinavian Airline System	1997
Singapore Airlines	2000
Thai Airways International	1997
Tyrolean Airways	2000
United Airlines	1997
Varig Brazilian Airlines	1997

GRÁFICO 3: COTIZACIÓN DE UNITED AIRLINES 1997/2001

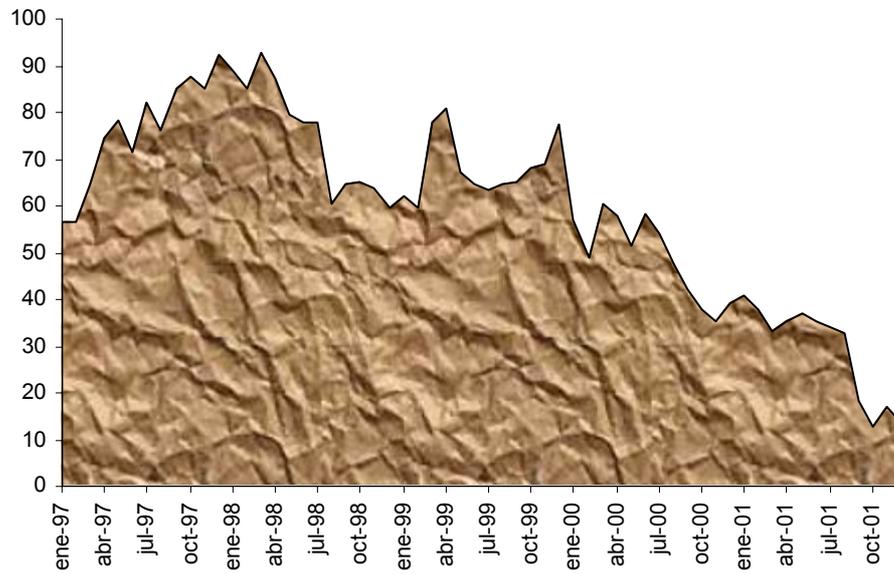
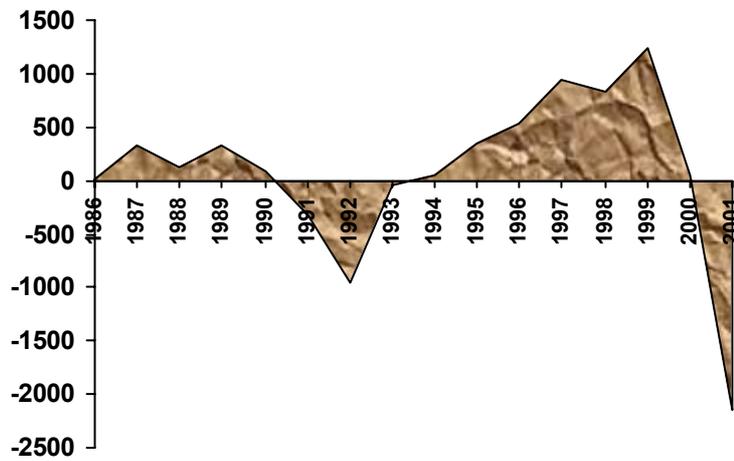


GRÁFICO 4 INGRESOS NETOS DE UA  
(Millones de \$)



Fte: Informes Financieros de *United Airlines*

TABLA 3 ESTADÍSTICAS DE LAS VARIABLES DEL MODELO

(en miles millones \$)

<u>PARÁMETRO</u>	<u>V. MÍNIMO</u>	<u>V. MÁXIMO</u>	<u>VALOR MEDIO</u>
<b>VALOR ACTUAL</b>	-7272,98	3169,27	24,488
<b>Vol. Ingresos</b>	2,56E-06	0,125	0,0147
<b>Ingresos</b>	3151,91	73705,10	32062,52
<b>Vol. Costes</b>	0,027	0,361	0,0647
<b>Costes</b>	3519,20	143926,09	58561,59
<b>Tipo Interés (%)</b>	0,0051	0,980	0,0778
<b>Efectivo</b>	888,33	910847,56	311024,03

GRÁFICO 5 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LAS VARIABLES DEL MODELO SOBRE EL VALOR DE LA EMPRESA

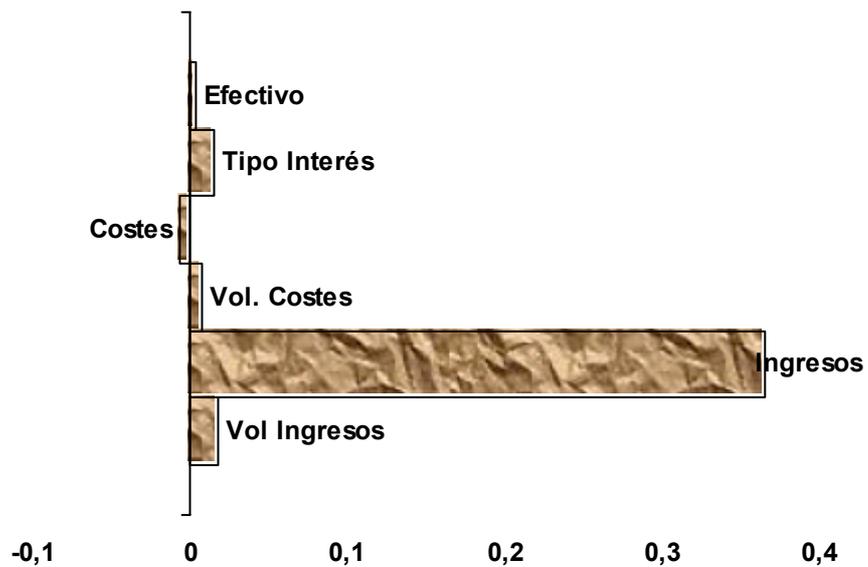


GRÁFICO 6 COTIZACIONES DE UNITED DURANTE EL 2002

