DERIVADOS

VALOR RAZONABLE, RIESGOS Y CONTABILIDAD
TEORÍA Y CASOS PRÁCTICOS

Ángel Vilariño Sanz
Jorge Pérez Ramírez
Fernando García Martínez

PEARSON
Prentice Hall

Prólogo de
Kenneth Coates

DERIVADOS

Valor razonable y contabilidad
Teoría y casos prácticos

DERIVADOS

Valor razonable y contabilidad
Teoría y casos prácticos

Ángel Vilariño Sanz
Jorge Pérez Ramírez
Fernando García Martínez

PEARSON
Prentice
Hall

Madrid • México • Santafé de Bogotá • Buenos Aires • Caracas • Lima • Montevideo
San Juan • San José • Santiago • São Paulo • White Plains

Datos de catalogación bibliográfica

DERIVADOS. Valor razonable y contabilidad.
Teoría y casos prácticos
Ángel Vilariño Sanz, Jorge Pérez Ramírez y
Fernando García Martínez

PEARSON EDUCACIÓN, S.A., Madrid, 2008

ISBN: 978-84-8322-462-5

Materia: Contabilidad, 657

Formato 170 × 240 mm Páginas: 496

Ribera del Loira, 28
28042 Madrid (España)

DERIVADOS. Valor razonable y contabilidad. Teoría y casos prácticos
Ángel Vilariño Sanz, Jorge Pérez Ramírez y Fernando García Martínez

ISBN: 978-84-8322-462-5

Depósito legal: M.

PEARSON PRENTICE HALL es un sello editorial autorizado de PEARSON EDUCACIÓN, S.A.

Equipo editorial:
Editor: Alberto Cañizal

Equipo de producción:
Director: José Antonio Clares
Técnico: José Antonio Hernán

Diseño de cubierta: Equipo de diseño de Pearson Educación S.A.

Composición: COPIBOOK, S.L.

Impreso por:

IMPRESO EN ESPAÑA - PRINTED IN SPAIN

Este libro ha sido impreso con papel y tintas ecológicos

«Según los curiosos las opciones las inventó Palas, por ser este un negocio que nació diferente de los otros, pues es un juego inaudito, extravagante y monstruoso. Los demás ocupan generalmente el vientre, porque nacen de la necesidad del sustento, pero este salió de la cabeza como Palas, porque todo en él son tretas, sutilezas y desvelos».

Confusión de Confusiones
José de la Vega.
Córdoba 1608-Ámsterdam 1692

«Las matemáticas gozan de prestigio propio frente a las demás ciencias. El motivo es que sus proposiciones son absolutamente ciertas e indiscutibles, mientras que todas las proposiciones de las demás ciencias son discutibles hasta cierto punto, y corren el peligro de quedar invalidadas por nuevos descubrimientos... Llegados a este punto, surge el problema que tanto ha preocupado a los científicos de todos los tiempos: ¿Cómo es posible que las matemáticas encajen con tanta perfección en los hechos de la realidad, siendo un producto del pensamiento humano independiente de toda experiencia? ¿Acaso el intelecto humano puede profundizar, a través del pensamiento puro, en las propiedades de los objetos reales sin ayuda de la experiencia?

Según mi opinión, esa pregunta puede responderse como sigue: cuando las proposiciones matemáticas se refieren a la realidad, no son ciertas; cuando son ciertas, no hacen referencia a la realidad».

Mi visión del mundo
Albert Einstein.
Ulm (Alemania) 1879-Princeton (EE.UU.) 1955

A Pilar,
Ángel Vilariño

A mi maestro y amigo,
Jesús Urías Valiente,
Jorge Pérez

A Montse, Ana y
Carlos
Fernando García

Contenido

Prólogo xix

Presentación xxi

CAPÍTULO 1. Una breve historia de los derivados 1
1. Los orígenes 2
2. El siglo XVII. La especulación holandesa 3
3. El siglo XVIII. El primer mercado organizado de futuros 3
4. El siglo XIX. Los mercados regulados en EE.UU. 4
5. El siglo XX 5
   5.1. El mundo académico: La hora de las matemáticas 5
   5.2. Derivados sobre la energía 9
   5.3. Derivados de crédito 9
   5.4. Los derivados: control y comprensión. La quiebra de BARINGS 11
6. El siglo XXI 14
   6.1. Los derivados sobre la energía: ENRON 14
   6.2. Los derivados de crédito: La crisis hipotecaria 16
7. Una observación final 19

CAPÍTULO 2. Instrumentos derivados 21
1. Introducción 22
2. *Forward* y futuros 23
   2.1. *Forward* sobre una divisa 23
   2.2. FRA (Acuerdos sobre un tipo de interés) 24
   2.3. *Forward* sobre bonos 25
   2.4. *Forward* sobre instrumentos de capital (acciones) 26
   2.5. Futuros sobre tipos de interés 27
   2.6. Futuros sobre bonos 28
   2.7. Futuros sobre instrumentos de capital (acciones) e índices bursátiles 29

2.8. Permutas de tipos de interés 29
2.9. Permutas de divisas 30
3. Opciones 31
3.1. Opciones estándar 31
3.2. Opciones digitales 33
3.3. Opciones rango 34
3.4. Opciones barrera 34
3.5. Opciones asiáticas 36
3.5.1. Opción asiática sobre media geométrica de precios 36
3.5.2. Opciones asiáticas sobre media geométrica de precios de ejercicio 37
3.5.3. Opciones asiáticas sobre media aritmética de precios 37
3.5.4. Opciones asiáticas sobre media aritmética de precios de ejercicio 38
3.6. Opciones cuanto 39
3.7. Opciones con subyacente y precio de ejercicio en divisas diferentes 39
3.8. Opciones *lookback* 40
3.8.1. Máximos y mínimos 40
3.8.2. Opciones *lookback* estándar 41
3.8.3. Opciones *lookback* sobre extremos 41
3.8.4. Opciones *lookback* con riesgo limitado 41
3.8.5. Opciones parcialmente *lookback* 41
3.9. Opciones escalera 43
3.9.1. Opción escalera con un escalón 43
3.9.2. Opción *call* escalera con precio de ejercicio flotante 44
3.9.3. Opción *call* escalera con precio de ejercicio fijo 46
3.10. Opciones con pago diferido 47
3.11. Opciones *forward start* 48
3.12. Opciones sobre opciones 48
3.13. Opciones a elegir 49
3.14. Opción sobre máximos y mínimos 49
3.14.1. Opción de compra sobre lo mejor de dos activos y liquidez 50
3.14.2. Opción sobre el máximo de dos activos 50
3.14.3. Opción de compra sobre el mejor de dos activos 50
3.14.4. Opción de venta sobre el máximo de dos activos 50
3.14.5. Opción de compra sobre el mínimo de dos activos 50
3.14.6. Opción de compra sobre el peor de dos activos 50
3.14.7. Opción de venta sobre el mínimo de dos activos 51
3.15. *Caps* y *floors* 51
3.16. Opciones sobre *swaps* (*swaptions*) 53
3.16.1. Opción de compra de pagador fijo (*call swaption*) 53
3.16.2. Opción de compra de pagador variable (*put swaption*) 53
4. Derivados de crédito 53
4.1. Permutas de incumplimiento (*Credit default swap*) 53

4.2. Permutas de la totalidad de los rendimientos (*Total return swap*) 55
4.3. Opciones sobre el *spread* 55
4.4. Primer incumplimiento (*first to default*) 55
4.5. Segundo incumplimiento (*second default*) 56
5. Los productos híbridos o estructurados 56

CAPÍTULO 3. Modelos para la estimación del valor razonable de los instrumentos financieros derivados 57
1. Consideraciones sobre los modelos de valoración 58
2. *Forward* sobre una divisa 59
2.1. Valor razonable del contrato *forward* sobre una divisa 59
2.2. Valoración del contrato *forward* en la fecha inicial 61
3. FRA (Acuerdo sobre tipos de interés) 62
3.1. Valoración de un contrato FRA 62
4. *Forward* sobre bonos 63
5. *Forward* sobre acciones 65
6. Futuros sobre tipos de interés 66
7. Futuros sobre bonos 66
8. Futuros sobre acciones e índices bursátiles 66
9. Permutas de intereses 66
9.1. Obtención del tipo fijo del *swap* (tipo *swap*) 66
10. Permutas de divisas 68
10.1. Valoración de permutas financieras y de divisas no estándar . . 69
11. Opciones estándar 69
11.1. Conceptos previos 69
11.1.1. Función de distribución de una variable aleatoria normal estándar 69
11.1.2. Función de distribución de una variable aleatoria normal bivariante con coeficiente de correlación 70
11.1.3. Tipo de interés $\pm$ 70
11.1.4. Tasa de rendimiento explícito del activo subyacente q 70
11.1.5. Volatilidad σ 71
11.2. Opciones estándar europeas 71
11.2.1. Subyacente: Acciones 71
11.2.2. Subyacente: Divisas 72
11.2.3. Subyacente: Futuros 72
11.3. Opciones estándar americanas 73
11.3.1. Modelo de Barone-Adesi y Whaley 73
12. Opciones digitales 74
13. Opciones rango 75
14. Opciones barrera 75
14.1. Valoración de la compensación (*rebate*) 78
15. Opciones asiáticas: media de precios 78
15.1. Opciones asiáticas: Media aritmética de precios 79
15.2. Opciones asiáticas Media geométrica de precios 79

16. Opciones cuanto 79
17. Opciones con subyacente y precio de ejercicio en divisas diferentes 80
18. Opciones *lookback* 81
 18.1. Opciones *lookback* estándar 81
 18.2. Opciones *lookback* sobre extremos 82
 18.3. Opciones *lookback* con riesgo limitado 82
 18.4. Opciones parcialmente *lookback* 83
19. Opciones escalera 84
 19.1. Opciones escalera con un escalón 84
 19.2. Opción *call* escalera, precio de ejercicio flotante 84
 19.3. Opción *call* escalera con precio de ejercicio flotante 84
20. Opciones con pago diferido 85
21. Opciones *forward start* 85
22. Opciones sobre opciones 86
 22.1. *Call* sobre *call* 86
 22.2. *Put* sobre *call* 86
 22.3. *Call* sobre *put* 86
 22.4. *Put* sobre *put* 86
23. Opciones a elegir 87
24. Opciones sobre máximos y mínimos 87
 24.1. Opción de compra sobre lo mejor de dos activos y liquidez . . 87
 24.2. Opción sobre el máximo de dos activos 88
 24.3. Opción de compra sobre el mejor de dos activos 88
 24.4. Opción de venta sobre el máximo de dos activos 88
 24.5. Opción de compra sobre el mínimo de dos activos 88
 24.6. Opción de compra sobre el peor de dos activos 88
 24.7. Opción de venta sobre el mínimo de dos activos 88
25. *Caps* y *floors* 89
 25.1. *Caplet* 89
 25.2. *Floorlet* 89
26. Opciones sobre permutas (*swaptions*) 89
 26.1. Opción de compra de pagador fijo (*call swaption*) 89
 26.2. Opción de venta de pagador variable (*put swaptions*) 90
27. Permutas de incumplimiento (*Credit default swap*) 90
 27.1. Prima del *credit default swap* mediante el modelo de arbitraje 90
 27.2. Valoración del *credit default swap* mediante probabilidades de supervivencia 91
28. Permutas de la totalidad de los rendimientos (*Total return swap*) 92
29. Opciones sobre el *spread* 92
30. Primer incumplimiento (*first to default*) 93
31. Segundo incumplimiento (*second default*) 93

Anejo 1. *El uso de los métodos de Monte Carlo en la valoración de los instrumentos financieros derivados* 94

Anejo 2. *Metodologías utilizadas en la estimación de la curva de cupones cero libres de riesgo* 97

CAPÍTULO 4. Riesgos de los instrumentos financieros derivados 109
1. Tipología de los riesgos de los instrumentos derivados 110
   1.1. Riesgo estratégico 111
   1.2. Riesgo de mercado 111
   1.3. Riesgo de liquidez 112
   1.4. Riesgo de crédito 113
   1.5. Riesgos operacionales 114
   1.6. Riesgo reputacional 117
2. Medidas de sensibilidad del precio de un instrumento financiero. Las griegas 117
   2.1. Delta 118
   2.2. Gamma 119
   2.3. Elasticidad 119
   2.4. Casos particulares de medidas de sensibilidad 120
      2.4.1. Delta de un FRA 120
      2.4.2. Gamma de un FRA 121
      2.4.3. Delta de un activo que depende de varios factores subyacentes 122
      2.4.4. Delta de un *swap* 122
3. Parámetros de sensibilidad de las opciones 125
   3.1. Delta 125
   3.2. Gamma 126
   3.3. Theta 127
   3.4. Lambda (Vega) 128
   3.5. Rho 128
   3.6. Phi o Rho-2 129
4. El Valor en Riesgo (VAR) de los instrumentos derivados 130
   4.1. Introducción a Valor en Riesgo (VAR) 130
   4.2. Modelos del riesgo 131
      4.2.1. Valor en Riesgo (VAR) 131
      4.2.2. Métodos paramétricos 132
5. Casos particulares de VAR 133
   5.1. VaR normal 133
   5.2. VaR de un FRA 134
   5.3. VaR de una permuta de intereses 135
   5.4. VaR de una permuta de divisas 135
   5.5. VaR del tipo de cambio a plazo 136
   5.6. VaR de futuros sobre bonos 137
6. Riesgo de mercado de opciones 137
   6.1. El VaR delta-gamma 138
7. Modelos de volatilidad para la estimación del VaR 140

CAPÍTULO 5. Coberturas y opciones sintéticas 143
1. Introducción 144

2. Cobertura del riesgo de mercado 144
3. Cobertura de flujos de efectivo 145
4. Cobertura del riesgo de mercado de una acción mediante un contrato de futuros sobre la acción 145
5. Cobertura del riesgo de mercado de acciones con futuros sobre un índice bursátil 148
6. Cobertura delta 150
7. Cobertura con futuros sobre bonos 151
8. Cobertura global de una cartera de *swaps* 152
9. Cobertura con opciones de una posición larga en el subyacente 153
10. Cobertura de una posición corta en el subyacente 156
11. Modelos de cobertura delta 157
   11.1. Cobertura con opciones de una posición larga en el subyacente 157
   11.2. Cobertura con opciones de una posición corta en el subyacente 159
   11.3. Cobertura delta de una posición en opciones de venta con acciones 159
12. Opciones sintéticas 160
   12.1. Construcción de opciones sintéticas de compra 161
   12.2. Construcción de una opción sintética de venta para cubrir una posición larga en acciones 161
   12.3. Cobertura de una posición larga con una opción de venta sintética 162
13. Riesgos operacionales de la cobertura dinámica con opción sintética 166
14. Cobertura delta-gamma 167

CAPÍTULO 6. Aspectos contables de los derivados 169
1. La crisis del coste histórico 170
   1.1. Los años 70: El inicio de las turbulencias financieras 170
   1.2. Cambios en la arquitectura financiera internacional 171
   1.3. El desarrollo tecnológico 171
   1.4. La necesidad del valor razonable 172
2. Criterios básicos en la contabilidad de los derivados 174
3. Contratos de derivados no sujetos a la regla general de contabilidad ... 178
4. Coberturas contables 179
   4.1. Cobertura del valor razonable 180
   4.2. Cobertura de flujos de efectivo 182
   4.3. Cobertura de inversión neta en el extranjero 187
   4.4. Las macrocoberturas 188
5. Los productos híbridos o estructurados: Los derivados implícitos 189
6. Criterios para clasificar una cobertura como contable 193
7. Informaciones financieras sobre los instrumentos derivados 194
8. La remuneración del trabajo basada en instrumentos derivados. Las *stock options* 201
9. Aspectos contractuales de los derivados 206

Anejo 1. *Procedimientos y controles para mejorar la confianza en los valores razonables presentados en los estados financieros* 209
Anejo 2. *El valor razonable en la literatura contable* 212

CAPÍTULO 7. Casos prácticos 217
1. Obtención del tipo de interés cupón cero 219
2. Cálculo de la rentabilidad de un fondo de inversión 220
3. Arbitraje con la compraventa de un bono 222
4. Arbitraje con opciones *call* y *put* 223
5. Cálculo e interpretación de las griegas 225
6. Probabilidad riesgo neutral 229
7. Cálculo de la prima de un *credit default swap* 231
8. Cálculos financieros sobre un bono soberano 233
9. FRA (*fordward rate agreement*) que no forma parte de ninguna cobertura 235
10. FRA (*forward rate agreement*) que forma parte de una cobertura financiera 239
11. *Forward* sobre una divisa 244
12. Futuro sobre una divisa 246
13. *Forward* sobre un bono 248
14. Contrato *forward* para la compra (venta) de cciones propias 250
15. Permuta de intereses que no forma parte de una cobertura 257
16. Permuta de intereses que forma parte de una cobertura financiera 259
17. Adquisición de un *credit default swap* (CDS) 263
18. Valoración y contabilidad de opciones de venta estándar europeas emitidas 266
19. Valoración y contabilidad de opciones de compra estándar europeas compradas 269
20. Opciones de compra compradas y vendidas que no forman parte de una cobertura 272
21. Opción *call* comprada (vendida) sobre acciones propias 275
22. Opción *put* comprada (vendida) sobre acciones propias 281
23. Emisión de una opción de compra sobre una divisa 286
24. Valor razonable de una opción escalera 288
25. Adquisición de una opción escalera 289
26. Valor razonable de una opción cuanto 291
27. Adquisición de una opción *put* con prima diferida 293
28. Valoración de una «opción a elegir» 295
29. Valor razonable de una opción de compra *forward start* 297
30. Depósito referenciado a la evolución del precio de una acción 299
31. Depósito cuyo interés depende del precio de una acción 306
32. Depósito financiero a un plazo fijo con una rentabilidad vinculada a la evolución de una acción 311
33. Emisión de un depósito a plazo con el tipo de interés regido por la rentabilidad de una acción 315
34. Depósito que se comercializa vinculando el tipo de interés al comportamiento del precio de una acción 319

35. Deposito con opción de liquidarse en acciones 321
36. Depósito con intereses vinculados al tipo de cambio del peso colombiano con el dólar 323
37. Depósito a plazo cuyo tipo de interés depende del tipo de camio del euro con el dólar 326
38. Emisión de una nota estructurada 329
39. Adquisición de una nota estructurada.. 334
40. Emisión (adquisición) de una nota estructurada 336
41. Adquisición de un certificado 338
42. Valoración de una nota estructurada con cupones independientes 344
43. Valoración de una nota estructurada con cupones dependientes 347
44. Obligaciones convertibles en acciones 350
45. Obligaciones necesariamente convertibles en acciones 354
46. Cobertura financiera de una acción clasificada como disponible para la venta con una opción de venta 357
47. Cobertura de acciones con opciones de venta 361
48. Comparación entre cobertura de valor razonable y flujos de efectivo 365
49. FRA que forma parte de una cobertura de valor razonable 370
50. Cobertura con un *forward* de una cuenta a cobrar denominada en moneda extranjera 377
51. Cobertura con un *forward* del valor razonable de un activo no financiero 379
52. Cobertura de un préstamo con un IRS 383
53. Cobertura de un préstamo de interés variable con un IRS 387
54. Cobertura con permutas de las subidas del tipo de interés de una obligación actual y de una obligación prevista 390
55. Cobertura financiera, de valor razonable y flujos de efectivo, para la adquisición futura de una máquina valorada en moneda extranjera 397
56. Cobertura de flujos de efectivo para una compra prevista de existencias valoradas en moneda extranjera 401
57. Cobertura con un contrato de futuro de una compra prevista de gas .. 404
58. Cobertura de una compra prevista de petróleo con una permuta 407
59. Cobertura parcialmente eficaz de una transacción prevista en moneda extranjera 409
60. Cobertura temporal con un IRS de una inversión en bonos 416
61. Permuta de intereses que forma parte de una cobertura contable de unas obligaciones emitidas con interés fijo 422
62. Permuta de intereses que forma parte de una cobertura de valor razonable de un préstamo 429
63. Estrategias de cobertura de un depósito estructurado 436
64. Cobertura de opciones de venta con una opción sintética 445
65. Cobertura delta-gamma 446
66. Cobertura delta neutra 449
67. Contabilidad de una macrocobertura 452

68. Cobertura del valor razonable entre empresas del grupo 456
69. Cobertura entre empresas del grupo de transacciones previstas 459
70. Compensación de coberturas entre empresas del grupo, de flujos de efectivo y valor razonable 462

Bibliografía 467

Prólogo

A comienzos de los años 1970, el debate académico en torno a los mercados de derivados se centraba en la cuestión de si la especulación desempeñaba un papel positivo o negativo. Más allá de las connotaciones morales acerca del lucro sin esfuerzo, similares a las que siglos atrás tiñeron las actividades de los prestamistas, el tema de fondo era de liquidez versus volatilidad. Si bien se reconocía que el ingreso de numerosos agentes a un mercado, que no eran productores ni consumidores del bien, podría darle profundidad, volumen y cobertura, se temía que su intervención podría alejar el precio resultante de su presunto nivel de equilibrio.

Ya a inicios del siglo XXI el tema de la moralidad ha quedado definitivamente laudado en el olvido, y la especulación se ha impuesto como una de las principales fuentes de rentabilidad para las cifras siderales de liquidez cuya administración se ha encargado a profesionales, ya sea en bancos, empresas de seguros y los distintos tipos de fondos (mutuos, de pensiones y de cobertura). El uso del apalancamiento financiero para potenciar las ganancias ha contribuido a un crecimiento acelerado de los mercados de derivados, tanto en infraestructura como operativa.

Sin embargo, el tema de la volatilidad sigue en la palestra. Los mismos académicos que décadas atrás teorizaban desde sus torres de marfil, hoy participan en la práctica del mercado (no siempre con buen suceso) mediante el diseño de sofisticados modelos cuantitativos que aprovechan los enormes adelantos en materia computacional. La complejidad del mercado es cada vez mayor, y los hilos de transmisión entre la valoración del derivado y el activo subyacente, cada vez más difíciles de divisar.

Lo que sí está claro es que el sistema financiero internacional ya no se compone de compartimientos estancos y los riesgos del contagio no están monopolizados. Activos originados en un hemisferio pueden afectar instantáneamente los balances de instituciones incorporadas en otro. Inicialmente, con cierto criterio paternalista, los reguladores limitaron la participación en fondos de cobertura a individuos de alto patrimonio. Hoy, los mismos conglomerados financieros administran por un lado sus fondos de cobertura, vehículos de inversión estructurada y conductos, y por otro, continúan aceptando depósitos del pequeño ahorrista.

Desde el punto de vista de la estabilidad financiera, resulta cada vez más imprescindible comprender la dinámica de los derivados y su empleo por los intermediarios financieros, como forma de evaluar los riesgos a que están expuestos. Los bancos centrales y las superintendencias, como reguladores y supervisores del sistema financiero en sus respectivas jurisdicciones, tienen una especial responsabilidad en dominar los aspectos operativos y contables de los derivados.

En el Centro de Estudios Monetarios Latinoamericanos (CEMLA) hemos tenido la fortuna de contar con la larga colaboración de los autores de esta obra en nuestras tareas de capacitación y divulgación en la región. En este texto cristaliza toda la riqueza de su formación y experiencia, destacándose una doble vertiente: por un lado, el rigor en el trato y la oportunidad en la ejemplificación; por el otro, la claridad en el relato y el necesario contexto histórico para amenizar una temática compleja.

Consideramos que tanto para el estudiante como el practicante, ya sea en los mercados o desde sus instituciones de vigilancia, la presente obra ofrece una invalorable fuente de información y se constituirá en una referencia obligatoria.

Otoño de 2007.

KENNETH COATES
Director General del CEMLA

Presentación

La sugerencia para que escribiéramos un libro sobre derivados se la debemos a algunos de los participantes en seminarios sobre la materia impartidos en los últimos años, así como a la experiencia profesional que nos mostraba, en demasiadas ocasiones, un divorcio notable entre los gestores de riesgos y los contables de las entidades. El libro reúne las principales aportaciones de las tres últimas décadas en los campos interrelacionados de la teoría financiera, los mercados de capitales y la contabilidad empresarial. El libro trata tanto los productos derivados estándar como los productos estructurados y está escrito para lectores con unos conocimientos básicos de finanzas, matemáticas y contabilidad.

Los libros típicos sobre finanzas y contabilidad tratan aspectos parciales del mismo fenómeno: *valor económico y devengo de resultados*. Ambas cuestiones son la esencia del verdadero problema a que se enfrentan ambas disciplinas. Considerado como un todo, el contenido del libro es original porque abarca tanto la valoración como la contabilidad de los derivados, a partir del entorno económico del momento en que se estiman los importes monetarios del balance. Al preparar los estados financieros es imprescindible reconocer que la estimación del valor de los activos y pasivos dependerá del entorno económico en que la entidad desarrolla su actividad, pero también del grado de profesionalidad alcanzado en el uso de esa información para medir y evaluar los rendimientos y riesgos a que se encuentra sometida. Este libro trata de contribuir a este segundo aspecto de la valoración financiera.

El advenimiento de las Normas Internacionales de Información Financiera, especialmente la IAS 39, y el aumento de la importancia y variedad de instrumentos derivados utilizados en la gestión de riesgos financieros han focalizado el debate sobre la valoración racional de estos instrumentos —tanto al contratarlos como posteriormente— así como su tratamiento cuando son utilizados como coberturas financieras, con el fin de estimar qué medida de valor reflejaría mejor la *imagen fiel* de la empresa que está presentando información financiera para su uso por inversores racionales. ¿Cuál es el método de valoración generalmente utilizado para valorar un determinado derivado? ¿Cómo debe presentarse la valoración, y los cambios de valor, en los estados financieros? ¿Cuáles son los riesgos asociados con el uso de derivados? Estas y muchas otras cuestiones son abordadas en este libro con rigor académico, claridad expositiva y sencillez profesional.

El tratamiento contable de los derivados ha sido una de las mayores controversias mantenidas por la comunidad financiera en los últimos años —especialmente en la Unión Europea con la adopción de la regulación emitida por el *International Accounting Standard Board* (*IASB*)—. El centro de la controversia ha sido la IAS 39, la norma internacional más relevante en materia de derivados, que esencialmente está inspirada en su correspondiente estadounidense, el FAS 133. Esta controversia es parte del debate sobre la reforma contable hacia la contabilidad del «*valor razonable*» —basada en las condiciones actuales del mercado— frente a la tradicional contabilidad al «*coste histórico*» dependiente de los precios pasados. Juzgando la intensidad del debate y los argumentos a favor y en contra del «*valor razonable*», parece claro que buena parte de la oposición se sustenta en la creencia de que este criterio es una valoración subjetiva, cuando no esotérica. Nosotros estamos convencidos de lo contrario. Creemos que introducir el mecanismo de los precios actuales de mercado como criterio de valoración en los estados financieros mejora la información financiera suministrada al mercado frente al criterio del coste histórico insensible a los cambios en las condiciones del mercado. Reconocemos que el coste histórico es sencillo de aplicar y verificar, pero a costa de perder capacidad informativa con el paso del tiempo. Un sistema de valoración que refleje el valor de mercado de los elementos del balance enviará una señal más precisa respecto de los rendimientos y riesgos actuales y permitirá a los inversores ejercer mejor la «*Disciplina de mercado*» tomando acciones correctivas frente a las decisiones de los administradores, con lo que se evitarán algunas de las pérdidas que suelen sufrir los inversores y el Estado en los momentos de recesión económica.

Para algunos elementos del balance pueden existir dudas sobre la fiabilidad del valor razonable debido a la dificultad para captar la información relevante procedente del mercado, lo que aconseja ser muy prudentes a la hora de estimar estos precios. Es el caso de los activos materiales, intangibles y ciertos instrumentos financieros que habitualmente se enfrentan con problemas de liquidez debido a que su valoración racional exige una información no siempre disponible. Sin embargo, esto no sucede con los instrumentos derivados. En muchos casos porque existen mercados más o menos activos donde pueden negociarse libremente y, en otros casos, porque la teoría financiera ha desarrollado técnicas de valoración ampliamente aceptadas y utilizadas por la comunidad financiera para gestionar estos instrumentos. Este libro recoge la mayor parte de estas técnicas y enseña cómo deben utilizarse.

En algunas ocasiones se ha argumentado que la introducción del valor razonable generará una volatilidad artificial en el patrimonio de las entidades. Nosotros creemos que es importante distinguir entre la volatilidad que refleja las condiciones actuales del mercado y la volatilidad que no está justificada por estas condiciones. Si el entorno económico es volátil, entonces los cambios del valor razonable simplemente reflejarán la realidad económica subyacente. Sin embargo, la volatilidad artificial responde a otro tipo de factores nocivos, como, por ejemplo: la utilización de hipótesis alejadas de la realidad, la falta de actualización de los datos, el uso de modelos no apropiados o los errores cometidos en la estimación de los parámetros de los modelos. En este sentido este libro trata de mostrar cuáles son los modelos de valoración generalmente aceptados por la comunidad financiera y la forma de aplicarlos a la valoración y contabilización de operaciones financieras concretas.

El libro incluye numerosos casos prácticos que abarcan un amplio espectro de las prácticas financieras habituales. Puede utilizarse como referencia para cursos de postgrado y como manual de ayuda y consulta para profesionales, que abarca a contables, analistas de valores, responsables de préstamos, analistas de riesgos, inversores, directivos y todos aquellos que tomen decisiones a partir de datos financieros. Unos y otros encontrarán en este libro una exposición de los instrumentos derivados más relevantes y sus criterios de valoración, junto con la herramienta esencial de la contabilidad por partida doble, como el asiento del libro diario y los flujos de efectivo. La referencia casi constante a los estados financieros provee al libro de una sensación de realidad que favorece el interés, la motivación, la comprensión y el aprendizaje. Si lo conseguimos será nuestra mejor recompensa.

Madrid, otoño de 2007

Los autores

capítulo 1

Una breve historia de los derivados

ÍNDICE

1. Los orígenes
2. El siglo XVII. La especulación holandesa
3. El siglo XVIII. El primer mercado organizado de futuros
4. El siglo XIX. Los mercados regulados en EE.UU.
5. El siglo XX
    - 5.1. El mundo académico: La hora de las matemáticas
    - 5.2. Derivados sobre la energía
    - 5.3. Derivados de crédito
    - 5.4. Los derivados: control y comprensión. La quiebra de BARINGS
6. El siglo XXI
    - 6.1. Los derivados sobre la energía: ENRON
    - 6.2. Los derivados de crédito: La crisis hipotecaria
7. Una observación final

1. Los orígenes

El comercio y el riesgo son inseparables. Desde los orígenes de la humanidad los comerciantes han tratado de aliviar y, en lo posible, eliminar el riesgo imputable a cada estrategia para asegurarse la estabilidad en los suministros o en los precios. En los primeros tiempos, el negocio de los derivados se equiparó con las apuestas y por ello, en muchas ocasiones, estuvo condenado e incluso prohibido por considerarlo como negocios puramente especulativos.

Para que los derivados surjan como objeto de negociación es necesario que los activos subyacentes sean fácilmente negociables, que estén disponibles en cantidades suficientes y sujetos a variaciones en el precio. Estas variaciones (volatilidad) crean oportunidades que, por supuesto, atraen a los especuladores y arbitrajistas, pero también permiten, a quienes lo deseen, cubrirse contra algún riesgo. Sin una volatilidad suficiente y un mercado líquido para los activos subyacentes es muy improbable que se hubiera iniciado la negociación de los instrumentos derivados.

Aun cuando el crecimiento de los derivados se intensificó durante las décadas de 1980 y 1990, la historia registra la existencia de este tipo de contratos desde el siglo XII, con el inicio del uso de la letra de cambio y de ciertos contratos que prometían la entrega futura de mercancías al comprador.

Entre 1537 y 1539, bajo el gobierno del emperador Carlos V en los Países Bajos, se puso en marcha un marco legislativo que proporcionó un relevante apoyo a las transacciones financieras y comerciales en ese país. La concentración del comercio en las ciudades de Amberes y Ámsterdam dio lugar a la aparición, durante la última parte del siglo XVI, de distintos colectivos de comerciantes que negociaban precios futuros (el caso de la pimienta portuguesa y el cobre húngaro están registrados). La negociación de contratos en Ámsterdam estaba más orientada al grano y a los arenques. El caso de los contratos sobre arenques y el aceite de ballena estaba ligado a la variabilidad de las capturas de pesca y al considerable capital que se necesitaba para equipar los barcos, lo que incentivaba la creación de mecanismos de gestión del riesgo[1].

El comercio marítimo proporcionaba a los holandeses fletes y seguros que favorecieron las inversiones y las operaciones comerciales. El comercio con Oriente dio lugar a la creación de la Compañía Holandesa de las Indias Orientales que en 1612 decretó que sus acciones solo podían liquidarse en la Bolsa de Ámsterdam. Esta medida originó la creación de un mercado de capitales en el que el riesgo y la especulación empezaron a jugar un papel cada vez mayor. A mediados del siglo XVI José de la Vega, hijo de un converso cordobés, describe, en un brillante castellano, un funcionamiento muy regular del mercado de acciones, futuros y opciones en la Bolsa de Ámsterdam[2]. Sus descripciones ya distinguen los

---

[1] Gelderblom, O. y Jonker, J. (2005): «Amsterdam, cuna de los actuales futuros y opciones, 1550-1659», en *Los orígenes de las finanzas*. Ed. Empresa Global. Madrid.

[2] De la Vega, J. (1986): *Confusión de confusiones*. Ed. Bolsa de Madrid. Madrid.

horarios de contratación, los corros, las operaciones «al contado», «a plazo», «en firme» y las operaciones «con prima».

La negociación de los contratos a plazo y las opciones adquirieron un poderoso impulso con la creación en 1621 de la Compañía de las Indias Occidentales. Esta compañía recibió el monopolio para el comercio con África y Latinoamérica y simultáneamente el trabajo de tratar de conquistar las colonias españolas y portuguesas. Llevó dos años conseguir el suficiente capital para equipar el primer barco y durante ese período hay evidencias de operaciones de opciones sobre las acciones de esta compañía.

2. El siglo XVII. La especulación holandesa

Entre 1630 y 1637 hizo presa en Holanda lo que se ha venido a denominar la *tulipanmanía*. Hasta esa fecha, el mercado de tulipanes era de carácter estacional realizado sobre unos bulbos que se plantaban al comienzo de la primavera y que, una vez brotados al comienzo del verano, se vendían para ser distribuidas las plantas. La hermosura y rareza de las flores, así como la aparición cada año de un elevado número de variedades nuevas de tulipanes, estimuló la imaginación popular y su valoración no tardó en iniciar un tradicional proceso de especulación. Cuando la demanda de bulbos de tulipanes empujó los precios al alza, los contratos de opciones comenzaron a sustituir a los contratos a plazo.

Durante el año 1635 el mercado de tulipanes se había transformado desde un mercado estacional sobre algunos bulbos en particular, a una rueda de contratos de futuros y opciones con vencimientos anuales realizados sobre grandes cantidades de bulbos, clasificados por variedades y peso. El sistema se colapsó a finales de 1636 y la burbuja especulativa explotó en febrero de 1637. La falta de una organización del mercado y la dificultad para interpretar los contratos contribuyeron a empeorar la crisis. Finalmente la Corte de Holanda calificó los contratos como apuestas según el derecho romano absteniéndose de proteger a los vendedores que pretendían forzar el cumplimiento de sus contratos de ventas de bulbos de tulipán. Todavía hoy la fascinación que producen los tulipanes continúa estimulando la imaginación popular. En agosto de 2004 se creó un fondo de inversión en Holanda para financiar el desarrollo de nuevas variedades de bulbos para el comercio a plazo, y los directores del fondo pidieron en septiembre de ese año una investigación policial por intento de fraude de las contrapartes[3].

3. El siglo XVIII. El primer mercado organizado de futuros

El primer mercado organizado de futuros se abrió en Japón a principios del siglo XVIII. La principal mercancía distribuida a lo largo de Japón en aquella época era el arroz. Este producto agrícola sufría, a menudo, fluctuaciones de precios

[3] Het Financieele Dagblad, 1.09. 2004.

dependiendo de una buena o mala cosecha cada año. Los comerciantes de Dojima, ciudad cercana a Osaka, diseñaron en 1730 un sistema moderno y estable de mercado a futuro, el primero en el mundo, denominado «cho-ai-mai» (mercado del arroz a plazo). El mercado de futuros consistía en fijar de antemano el valor del arroz para garantizar el precio a los agricultores. Este mecanismo contribuyó al suministro estable de alimentos, lo que posibilitó la alimentación de gran cantidad de personas y favoreció así el crecimiento de la población japonesa.

4. El siglo XIX. Los mercados regulados en EE.UU.

Al igual que en Japón, los productos agrícolas fueron los grandes impulsores del desarrollo de los mercados de futuros en Estados Unidos. Los granjeros tradicionalmente llevaban sus cosechas al mercado una vez al año y en esos momentos se creaba un exceso de oferta que provocaba unos precios extremadamente bajos. En otros momentos del año, la escasez de productos provocaba en las áreas urbanas unos precios muy altos. Estas situaciones se complicaban aún más por el hecho de que las posibilidades de almacenamiento de los productos agrícolas en las ciudades eran inadecuadas, así como porque el transporte desde las áreas rurales era difícil. A principios de 1800 aparecen los primeros contratos a plazo que trataban de cubrir el riesgo causado por la volatilidad del mercado de productos agrícolas como el maíz, el trigo y la soja. El más importante de los mercados agrícolas en Estados Unidos se aprobó en Chicago mediante una ley especial del estado de Illinois en 1859 (*Chicago Board Trade*), si bien existía una asociación privada que funcionaba informalmente desde 1848. Hoy en día ofrece contratos de futuros para muchos activos subyacentes, entre ellos, avena, soja, trigo, plata, bonos del Tesoro, letras del Tesoro, etc. En 1973, el Chicago Board Trade abrió un nuevo mercado, el *Chicago Board Options Exchange*, con el objetivo específico de negociar opciones sobre acciones cotizadas.

El *Chicago Exchange* fue fundado en 1874 y proporcionó un mercado para la mantequilla, huevos, carne y otros productos agrícolas perecederos. En 1898, los negociantes de mantequilla y huevos se retiraron de este mercado para formar el *Butter and Egg Board* que en 1919 cambió de nombre por *Chicago Mercantil Exchange* que desde el inicio ofreció contratos de futuros, entre otros panceta de cerdo, vacuno vivo, porcino vivo, y desde 1982 el *S&P 500 Stock Index*. En 1972 se creó una división dentro del *Chicago Mercantil Exchange* denominada *International Monetary Market* para negociar contratos de futuros sobre divisas, oro y sobre bonos del Tesoro.

Los mercados de futuros del algodón y del café se autorizaron en Nueva York en 1870 y 1885, respectivamente. Ya en la década de 1970, se fundaron otros mercados de futuros y opciones en Estados Unidos. El *American Stock Exchange* y el *Philadelphia Stock Exchange* comenzaron a negociar opciones en 1975 y el *Pacific Stock Exchange* en 1976. En la década de 1980 se desarrollaron los mercados sobre opciones en divisas, sobre índices bursátiles y opciones sobre contratos de futuros.

5. El siglo XX

5.1. El mundo académico: La hora de las matemáticas

A lo largo de la historia muchas personas y entidades han negociado con derivados (*i.e.* opciones y futuros), pero desconocemos las bases en que se apoyaban para negociar el precio de los contratos. ¿Cómo valoraban el precio de las opciones sobre los bulbos de tulipán, del arroz o del maíz? ¿cómo estimaban qué importe extra sobre el precio de contado había que pagar hoy para garantizarse un precio mañana? Lo más probable es que aquellos primeros comerciantes ignoraran, una vez negociadas, los cambios de valor de las opciones adquiridas o emitidas porque la clave del valor está en el «precio de la incertidumbre», un concepto más comprensible en nuestros días que en los años de la *tulipanmanía*.

El primer esfuerzo conocido para utilizar la racionalidad matemática, en lugar de la intuición, para valorar opciones fue realizado por Louis Bachelier en 1900, al defender en la Sorbona su tesis doctoral en ciencias matemáticas, titulada «Théorie de la spéculation», dedicada al célebre matemático y físico Poincaré, miembro del tribunal. Bachelier definió como objetivo de su tesis resolver el problema de la determinación de la ley de probabilidad de los precios de los bonos, coherente con el mercado, en un instante dado. Una vez definida esa ley, Bachelier obtuvo los precios de diversas opciones sobre los bonos emitidos por el gobierno de Francia y negociados en la Bolsa de París.

Bachelier supuso que los precios verificaban la propiedad de que su variación sigue una distribución normal de incrementos independientes y de varianza proporcional al incremento del tiempo, lo que posteriormente se denominó, en el lenguaje del cálculo estocástico, movimiento browniano aritmético. Una implicación de su hipótesis es la posibilidad de que existan precios negativos, contingencia de la que Bachelier fue consciente, pero que no abordó con una hipótesis alternativa.

Bachelier, en la modelización de la densidad de probabilidad, llegó a una ecuación en derivadas parciales, la ecuación del calor, formalmente igual a la que Einstein formuló, en 1905, en su famoso estudio del movimiento browniano que abrió una nueva rama de la física y las matemáticas. El movimiento de las partículas de polen en el agua fue objeto de atención por el botánico inglés Robert Brown, que en 1828 describió el irregular comportamiento que observaba, e intentó una explicación basada en «propiedades vitales» de las pequeñas partículas de polen. Einstein[4] elaboró un modelo físico-matemático para explicar el fenómeno y contribuyó de forma decisiva a la hipótesis atomista de la materia. Las hipótesis básicas del modelo eran que el desplazamiento de las partículas entre dos instantes de tiempo era independiente de la posición anterior y que la ley de probabilidad que rige el movimiento de la partícula solo depende de la distancia

[4] Einstein, A. (1905): «On the movement of small particles suspended in stationary liquids required by the molecular-kinetic theory of heat», *Annalen der Physik*, 17 y Einstein, A. (1906): «On the theory of Brownian motion», *Annalen der Physik*, 19.

temporal entre los dos instantes de tiempo, es decir, las mismas hipótesis que el modelo de Bachelier. La resolución de la ecuación en derivadas parciales que sigue la función de densidad de probabilidad conduce a una ley normal.

La fundamentación matemática del movimiento browniano fue realizada por Wiener[5], de ahí la denominación alternativa de procesos Wiener, y posteriormente el matemático japonés Ito[6] sentó las bases de las operaciones fundamentales del cálculo, diferenciación e integración, de los procesos brownianos. El denominado cálculo de Ito hoy es parte esencial de los libros y artículos de finanzas dedicados a la valoración de instrumentos financieros.

En los años cincuenta se dio una nueva ola investigadora sobre la valoración de opciones y sobre los modelos de comportamiento de los precios de los activos financieros. En estos trabajos se hizo uso de los avances matemáticos en teoría de probabilidad y cálculo estocástico y de la aportación original de Bachelier redescubierta por Samuelson debido a una indicación recibida de Savage. En los trabajos de Samuelson[7], Osborne[8] y Alexander[9] se abandonó la hipótesis de Bachelier sobre la variación de los precios y se sustituyó por la hipótesis de lognormalidad de los precios, lo que implica que es la variación relativa, y no la absoluta, la que sigue una distribución normal. Este cambio impide que los precios sean negativos y se ha convertido en la hipótesis canónica que actualmente se aplica en la mayoría de los modelos de valoración de opciones.

Este cambio de hipótesis permitió traducir los resultados de Bachelier al nuevo contexto de lognormalidad con los trabajos de Kruizenga[10], Sprenkle[11] y Samuelson[12]. Sin embargo todavía no se había conseguido un modelo de valoración generalmente aceptado por los operadores del mercado. Fueron Black y Scholes[13], por un lado, y Merton[14], por otro, aunque en contacto en la fase previa a la publicación de sus respectivos artículos, los que añadieron un elemento esencial en el modelo de valoración de opciones: la condición de que una cartera compuesta por opciones y acciones en proporción tal que su variación no depende de la variación del precio del activo subyacente debe tener el mismo rendimiento que el activo libre de riesgo. Esta condición es esencial para la valoración de las

[5] Wiener, N. (1923): «Differential-Space», *Journal Mathematics Physics*, 2, 131-174.

[6] Ito, K. (1951): *On stochastic differential equations*, *mMemoir*, American Mathematical Society, vol. 4.

[7] Samuelson (1955): «Brownian motion in the stock market», multicopiado.

[8] Osborne (1959): «Brownian motion in the stock market», *Operations Research*, 7, 145-173.

[9] Alexander (1961): «Price movements in speculative markets: Trends or random walks», *Industrial Management Review*, 2, 7-26.

[10] Kruizenga (1956): «Put and call options: A theoretical and market analysis», Ph. D. Dissertation, M.I.T.

[11] Sprenkle (1961): «Warrants prices as indicators of expectations and preferences», *Yale Economic Essays*, 1, 178-231.

[12] Samuelson, P. A. (1965): «Rational theory of warrant pricing», *Industrial Management Review*.

[13] Black, F. y Scholes, M. (1973): «The theory of options and corporate liabilities», *Journal of Political Economy*, mayo-junio.

[14] Merton, R. C. (1973): «Theory of rational option pricing», *Bell Journal of Economics and Management Science*, 4, primavera.

opciones, y permite eliminar la dificultad de estimar la denominada deriva del movimiento browniano que hipotéticamente rige el comportamiento del precio del activo subyacente.

El modelo de Black y Scholes se convirtió rápidamente en el modelo canónico para la valoración de opciones estándar (*vanilla*) al ganar el favor de los operadores del mercado. El modelo aparentemente complejo, en su formulación y resolución, tiene la gran virtud de que esencialmente solo depende, como incógnita, de una variable no observable, la volatilidad de los precios del activo subyacente, lo que reduce el cálculo del precio a la estimación de la volatilidad y la negociación de los precios a una negociación de volatilidades.

Los trabajos de Black, Scholes y Merton son mucho más que la solución al problema de la valoración de un determinado tipo de opciones, porque han creado una metodología de valoración de instrumentos contingentes (derivados y subyacentes). La mayoría de las denominadas opciones exóticas, que son todas aquellas que se diferencian en algún aspecto de las *vanilla*, se valoran partiendo de las mismas hipótesis del modelo de Black-Scholes. Si en algunos casos, como las opciones asiáticas media aritmética de precios, no existe solución cerrada para la determinación del precio o es muy trabajoso obtenerla, se recurre a las técnicas de Monte Carlo para hallarla, pero las hipótesis de la variable o variables aleatorias, en caso de varios subyacentes, y la condición riesgo neutral, son las mismas que las del modelo canónico de Black-Scholes. Es cierto que han surgido ampliaciones como la inclusión de la hipótesis de volatilidad estocástica o la existencia de saltos en los movimientos de los precios de los activos subyacentes, pero a medida que el modelo intenta ser más «sofisticado» o «realista», más dificultades existen para la estimación robusta de los nuevos parámetros que se añaden al modelo original.

Cox, Ross y Rubinstein[15] construyeron un modelo en tiempo discreto, basado en árboles binomiales, que desde un punto de vista didáctico abarata de forma significativa los costes de aprendizaje, y tiene una gran aplicación práctica. De este modo los métodos numéricos para valorar opciones y *forward* exóticos se han incorporado a las metodologías de valoración por su gran flexibilidad y sencillez. Finalmente Harrison y Kreps[16] y Harrison y Pliska[17] demostraron en sendos trabajos la vinculación entre la metodología de valoración de opciones desarrollada por Black, Scholes y Merton y la teoría matemática de martingalas, proporcionando un enfoque operativo de una gran fertilidad.

En la década de 1990 el centro de gravedad de la investigación sobre los derivados se desplazó a los instrumentos vinculados a los tipos de interés, y a partir de mediados del mismo decenio, hasta la actualidad, a los derivados de crédito.

---

[15] Cox, J. C., Ross, S. A. y Rubinstein, M. (1979): «Option pricing: A simplified approach», *Journal of Financial Economics*, 7, septiembre, 229-263.

[16] Harrison, J. M. y Kreps, D. M. (1979): «Martingales and arbitrage in multiperiod securities markets», *Journal Economic Theory*, 20, 381-408.

[17] Harrison, J. M. y Pliska (1981): «Martingales and stochastic integrals in the theory of continuous trading», *Stochastic processes and their Applications*, 11, 215-260.

En 1977 Vasicek[18] publicó un trabajo pionero sobre la estructura temporal de los tipos de interés basándose en el modelo de Uhlenbeck y Ornstein[19] que trata de una generalización del movimiento browniano analizado por Einstein. La innovación central del modelo de Vasicek es la introducción de los procesos de tipos de interés con «reversión a la media», es decir, con un comportamiento diferente al del modelo de las acciones utilizado por Black, Scholes y Merton. Es conveniente señalar que el tipo de interés protagonista del modelo de Vasicek, y de casi todos los modelos posteriores, es un tipo de interés no observable, el tipo de interés instantáneo en tiempo continuo.

Cox, Ingersoll y Ross[20] generalizaron el modelo de Vasicek introduciendo una volatilidad variable proporcional a la raíz cuadrada del tipo de interés, con lo que se resolvía la inconsistencia de posibles tipos de interés negativos en el modelo de Vasicek. A partir de estos trabajos cobraron un nuevo impulso tanto la valoración de bonos como la valoración de opciones sobre bonos. Jamshidian[21] halló en 1989 el precio de opciones sobre bonos cuando los tipos de interés se comportan según el modelo de Vasicek. Sin embargo los modelos no terminaban de ser satisfactorios dada la rigidez establecida sobre el comportamiento del tipo de interés. Surgieron modelos más flexibles, como los de Hull y White[22], que utilizan la información suministrada por la curva de contado de los tipos de interés y el de Black, Derman y Toy[23]. Estos modelos se implementan mediante árboles binomiales o trinomiales y tienen la ventaja de la flexibilidad y la dificultad de la estimación o calibración de los parámetros que rigen el comportamiento estocástico de los tipos de interés futuros. Heath, Jarrow y Morton[24] centran su atención en los tipos de interés *forward* instantáneos, con lo que crean un modelo que es ampliamente utilizado en la valoración de instrumentos financieros vinculados a tipos de interés.

A finales de la década de 1990, entraron en escena los denominados modelos de mercado que eligen como variable del modelo los tipos de interés observables en el mercado, los tipos de interés LIBOR, frente a las anteriores aproximaciones centradas en variables no observables, los tipos de interés contado instantáneos y los tipos de interés *forward* instantáneos. En esta aproximación se utiliza la hipótesis de que los tipos de interés siguen una distribución lognormal, lo que permite obtener expresiones analíticas sencillas para los derivados. Una ventaja es que

[18] Vasicek, A. O. (1977): «An equilibrium characterization of the term structure», *Journal of Financial Economics*, 5, 177-188.

[19] Uhlenbeck, G. E. y Ornstein, L. S. (1930): «On the theory of the Brownian motion», *Physical Review*, vol. 36, septiembre, 1.

[20] Cox, J., Ingersoll, J. y Ross, S. (1985): «A theory of the term structure of interest rates», *Econometrica*, 53, 385-408.

[21] Jamshidian, F. (1989): «An exact bond option formula», *Journal of Finance*, 44, n.º 1, marzo, 205-209.

[22] Hull, J. C. y White, A. (1990): «Pricing interest rate derivative securities», *Review Financial Studies*, 3, 573-592.

[23] Black, F., Derman, E. y Toy, W. (1990): «A one-factor model of interest rate and its application to treasury bond options», *Financial Analyst Journal*, 46, enero-febrero, 33-39.

[24] Heath, D., Jarrow, R. y Morton, A. (1992): «Bond pricing and the term structure of interest rates: A new methodology for contingent claims valuation», *Econometrica*, 60, 77-105.

se simplifican las tareas de calibración de los modelos. Miltersen, Sandmann y Sondermann[25] obtuvieron fórmulas para las opciones sobre bonos cupón cero, y para *caps* y *floors*. La amplia variedad de modelos existentes, de los que hemos citado solo una muestra representativa, centrándonos en los que han supuesto algún tipo de innovación relevante, prueba las dificultades de modelización del subyacente: la estructura temporal de los tipos de interés. No existe una metodología hegemónica como ocurre en el caso de las acciones, las divisas, los futuros e incluso las mercancías.

5.2. Derivados sobre la energía

Los derivados sobre la energía agrupan a un conjunto de contratos muy heterogéneo y con distintos niveles de dificultad desde el punto de vista de la valoración. Los instrumentos negociados son formalmente los mismos que en el caso de activos financieros, es decir, *forward*, futuros, *swaps* y opciones, pero bajo esta apariencia de semejanza están las dificultades de modelización de los precios de los subyacentes. Estos son esencialmente petróleo, gas natural, carbón y los derivados físicos y químicos de estos productos. Los mercados organizados son muy recientes y destacan en electricidad el mercado nórdico Nord Pool y el Nymex en Nueva York. En cuanto a las dificultades destaca la electricidad, por sus características de bien no almacenable y también porque los flujos de liquidez asociados a las plantas de generación de energía eléctrica son muy complejos dado que se determinan mediante modelos de programación dinámica sujetos a restricciones de tipo operativo y medioambiental.

Una característica común de los precios de los productos energéticos es su elevada volatilidad. En orden de magnitud podemos situar la volatilidad de las divisas en un rango del 10% al 20%, la volatilidad de los tipos de interés LIBOR en un rango similar, los índices bursátiles en un rango del 15% al 25%, el NASDAQ en un rango del 30% al 50%, mientras que la volatilidad de los precios del gas natural se puede situar entre el 50% y el 100%, y la electricidad[26] entre el 100% y el 500%. Además los precios de los productos energéticos, y especialmente la electricidad, muestran picos intradía de gran magnitud, comportamientos estacionales, reversión a la media, volatilidad claramente no constante y correlaciones entre precios cambiantes.

5.3. Derivados de crédito

En la década de 1990 surgieron con gran vigor los derivados de crédito. Ya existían instrumentos que de forma limitada tenían la finalidad de mitigar o cubrir el riesgo de crédito, pero su utilización estaba restringida a operaciones específicas. La historia de los derivados corre pareja con la historia de los riesgos, y tanto la crisis asiática como la reforma de los criterios de Basilea pusieron en un primer plano la gestión del riesgo de crédito. La caída de la Bolsa de Nueva

[25] Miltersen, K., Sandmann, K. y Sondermann, D. (1997): «Closed-form solutions for term-structure derivatives with log-normal interest rates», *Journal of Finance*, 52, 409-430.

[26] Mercados de Estados Unidos.

York en octubre de 1987 representó un enorme incentivo para la investigación de los riesgos de mercado, y la aparición de RiskMetrics fue la respuesta de la industria, con una amplia repercusión posterior en las metodologías y la regulación. Con la crisis asiática le llegó la hora al riesgo de crédito y se plantearon muchos interrogantes sobre los sistemas de medición y de gestión utilizados por las entidades y los reguladores.

La expresión «derivados de crédito» se aplica a una amplia gama de instrumentos que de forma resumida se definen como instrumentos derivados que son idóneos para transferir, cubrir y gestionar el riesgo de crédito y que tienen sus flujos de caja asociados a determinados eventos característicos del riesgo de crédito. Dado que el riesgo de crédito se manifiesta en una multiplicidad de formas no es posible definir una única variable subyacente o un único evento. Una tipología que abarca de forma bastante completa los eventos de crédito más relevantes sobre los que se puede definir un contrato es la siguiente: quiebra, suspensión de pagos, moratoria unilateral de la deuda, incumplimientos de obligaciones contractuales de pago superiores en el tiempo y en importe a determinados niveles establecidos, reestructuración unilateral de la deuda, caída del *rating* otorgado por una agencia de calificación, pérdidas de una cartera de instrumentos de deuda por encima de un determinado importe o porcentaje prefijado, pérdidas de una cartera de instrumentos de deuda situadas en un rango determinado, primero, segundo o enésimo incumplimiento en una cartera de instrumentos de deuda, y cambios en el *spread* de crédito. Ahora bien, la definición contractual de lo que se entiende por un evento de crédito es negociable entre las partes, por lo que puede incluir eventos no contemplados en los párrafos anteriores. Los derivados de crédito más negociados son las permutas de incumplimiento (*credit default swap*); después siguen a distancia otros como los denominados primer incumplimiento (*first to default*), las permutas de rendimiento total (*total return swaps*) y otros.

La valoración de los derivados crediticios está todavía en un estadio básico de desarrollo, debido a que no existe un modelo teórico lo suficientemente sólido que, a diferencia de los modelos para valorar derivados financieros, permita obtener su valor razonable y que dicho valor sea aceptado como la mejor estimación de su precio por los participantes en el mercado. Esto no quiere decir que no haya modelos de valoración, sino que los modelos existentes pueden ofrecer un amplio rango de posibles estimaciones de precios para un mismo producto.

Los elementos y factores que influyen en la dificultad para la valoración de los derivados de crédito son los siguientes: la modelización del riesgo de crédito de los subyacentes que se utilizan en los derivados de crédito es hoy objeto de amplios debates, y los modelos disponibles se mueven, generalmente, entre una alta complejidad matemática[27] y grandes dificultades tanto a la hora de estimar ciertos parámetros esenciales como cuando se pretende contrastarlos con la evidencia empírica. Sin duda, desde hace algunos años se ha generado un intenso esfuerzo de investigación, pero la complejidad del problema no permite todavía disponer de modelos generalmente aceptados.

[27] Schönbucher, P. J. (2003): *Credit derivatives pricing models*, Wiley.

Existen al menos tres fenómenos cuyo comportamiento influye sobre el precio de un derivado de crédito. En primer lugar, es necesario disponer de un modelo probabilístico de los eventos de crédito o, dicho de otra forma, de la estructura temporal de las probabilidades de incumplimiento (*default*). En segundo lugar, se necesita disponer de las tasas de recuperación dado el impago. Esta variable no ha sido objeto de tanta atención teórica como la primera, aunque existe últimamente una mayor sensibilización hacia el tema. Sin duda la opacidad es mayor en esa fase del proceso, lo que quizás haya influido en ese olvido; sin embargo, se trata de un parámetro esencial en cualquier modelo. El problema está en la capacidad actual para capturar el comportamiento de la eficacia de las recuperaciones mediante los procesos estocásticos utilizados habitualmente. La tercera variable es la estructura de dependencia entre los incumplimientos y entre los incumplimientos y las tasas de recuperación. Además, en algunos contratos también es relevante la estructura temporal de los tipos de interés, y por ese motivo es necesario introducir alguna hipótesis sobre ella. Pero aun en el caso de un derivado de crédito puro, tal hipótesis es necesaria, dadas las interdependencias que pueden existir entre la estructura temporal de las probabilidades de incumplimiento, las tasas de recuperación y el comportamiento temporal de los tipos de interés.

Un último factor que es preciso resaltar es la dificultad de estimación de los parámetros de los modelos o, dicho de otra forma, la gran variabilidad que pueden presentar los precios obtenidos mediante un determinado modelo debido a la amplitud de los intervalos de confianza de los parámetros estimados, producto de la escasa y no homogénea información muestral.

5.4. Los derivados: control y comprensión. La quiebra de BARINGS

Los derivados exponen a las entidades y personas que negocian con ellos a distintos tipos de riesgos financieros: mercado, crédito, operativos, etc. Las pérdidas, y en algún caso el colapso, de algunas entidades al utilizar derivados han estado motivadas en la mayor parte de las ocasiones por una falta de comprensión de los riesgos que conllevaba su contratación así como por la debilidad, cuando no ausencia, de unos adecuados controles y procedimientos internos. Aun cuando parece obvio, ningún consejo de administración debería autorizar la operativa con productos financieros cuyos riesgos no sean sobradamente comprendidos por todos los administradores y que además no dispongan de medios para controlar y evaluar todas las transacciones pendientes por empleados no involucrados en la gestión diaria.

Lamentablemente no son pocos los casos de crisis empresariales que se han producido a partir de la utilización masiva de derivados desde principios de la década 1990. Desde la famosa disputa en 1994 entre Procter & Gamble y Bankers Trust respecto de distintas opciones exóticas sobre tipos de interés negociadas entre ambos, inadecuadamente comprendidas por Procter & Gamble, hasta el colapso del banco inglés Barings es significativo que sea el desconocimiento de los máximos responsables y las debilidades de control los verdaderos causantes de las dificultades surgidas por negociar con derivados.

Barings era el banco más antiguo de Inglaterra que tenía entre sus clientes a la Reina y a las más importantes compañías industriales británicas[28]. El duque de Richelieu, primer ministro de Luis XVIII, llegó a comentar que «Existen seis grandes potencias en Europa: Inglaterra, Francia, Austria, Prusia, Rusia y los Hermanos Barings». El banco fue creado en el año 1762 por los hermanos Barings, de origen holandés. Inicialmente se orientó a la financiación del negocio de la lana, pero muy rápidamente se diversificó hacia otros sectores relacionados con el comercio internacional. La historia del banco fue una sucesión de éxitos profesionales y su patrimonio inmobiliario llegó a ser uno de los más importantes de Gran Bretaña. En 1803 lideró la financiación a los Estados Unidos para comprar el estado de Luisiana y también ayudó a Gran Bretaña en sus guerras contra Napoleón, unas operaciones que movieron al gobierno inglés a otorgar cinco títulos nobiliarios a la familia Barings.

Barings siempre había disfrutado como banco de una reputación conservadora. En 1890, debido a pérdidas millonarias en su cartera de préstamos, fue rescatado por un consorcio de bancos liderados por el Banco de Inglaterra. Un esfuerzo similar se intentó a comienzos de 1995 cuando empezaron a conocerse las dificultades por las que atravesaba el banco y todavía eran dos hermanos Barings (Nicola y Peter) quienes dirigían la fundación Barings que era el principal accionista del, en esos momentos, sexto banco de negocios inglés.

En 1989 Barings contrató para la oficina de Londres a Nicholas William Leeson, que previamente había trabajado como empleado de bajo nivel en una oficina de Coutts & Company, uno de los bancos de la Reina, y en la sucursal londinense de Morgan Stanley como asistente de un operador, un empleo modesto pero rico en enseñanzas acerca del mundo de las finanzas. En 1992, Barings envió a Leeson a Singapur para colaborar en la creación de una oficina de control de la sucursal en esa ciudad, que tenía pocos empleados. Leeson también se hizo cargo de transacciones de bajo margen diseñadas para obtener ganancias de las pequeñas diferencias de precios entre los contratos de futuros del índice *Nikkei* 225 que se negociaban tanto en Singapur como en Osaka. Estas operaciones de arbitraje no requerían mucha experiencia ni suponían mucho riesgo, otros bancos de negocios las hacían desde hacia tiempo, y no parecía necesario supervisar de cerca a Leeson, y Barings no lo hizo.

Un pequeño error cometido por una empleada del departamento (vendió futuros cuando la instrucción era comprar) generó una pérdida de 30.000 dólares y Leeson intentó cubrirla apostando en el mercado de futuros. Dio resultado, y como nadie en Barings cuestionó la razón por la que había hecho estas transacciones, comenzó a especular más a menudo. Desafortunadamente no era un operador bueno, y cuanto más se alejaba de la estrategia de arbitraje de bajo riesgo más dinero perdía. Con el tiempo, las estrategias se tornaron más audaces, reali-

[28] Kuprianov, A. (1995): *Derivatives debacles*: *Case Studies of large losses in derivatives markets*. Federal Reserve Bank of Richmond. Economic Quarterly, vol. 81, sept.

zando operaciones «a la medida» (OTC) e incluso emitiendo opciones que apostaban a que el mercado japonés se movería en un rango bajo. También perdió en estas apuestas.

Leeson, gracias a un sistema de control deficiente, ocultó las pérdidas registrándolas en una cuenta especial creada en julio de 1992 (cuenta número 88888) que no estaba controlada por el resto del sistema contable de Barings. Junto a esta deficiencia, Leeson podía controlar tanto la ejecución como el registro de las operaciones debido a que sus supervisores lo habían habilitado para actuar como operador y además como jefe de control de la sucursal. Hacia finales de 1994, las pérdidas ocultadas ascendían a 285 millones de dólares; sin embargo, los informes financieros indicaban que la oficina de control de Singapur había ganado 30 millones de dólares en 1994, cerca del 20% de las ganancias totales de Barings. Las operaciones de Leeson habían crecido de muy pocos contratos en sus inicios a casi la mitad del mercado de futuros Nikkei de Singapur, que suponían miles de millones de dólares en apuestas. Los administradores de Barings en Londres no sabían exactamente cómo Leeson, que tenía 28 años, les hacía ganar tanto dinero, pero la recompensa en forma de *bonus* que le aprobaron fue de 680.000 dólares, más de tres veces la del año anterior.

A finales de 1994, Leeson había emitido decenas de miles de opciones de compra y venta sobre acciones japonesas (37.925 opciones de compra y 32.967 opciones de venta), apostando a que la volatilidad del mercado japonés no variaría mucho. Si los mercados permanecían tranquilos, las opciones no se ejecutarían y las primas cobradas permitirían a Leeson salir del precipicio. El 17 de enero de 1995 la ciudad de Kobe, situada a 500 kilómetros al oeste de Tokio, se vio afectada por un terremoto de una magnitud de 7,2 en el que perecieron 6.394 personas. Los daños se calcularon en 99.000 millones de dólares y el índice Nikkei cayó más de 1.500 puntos. Cuando las posiciones en opciones de la oficina de Singapur empezaron a perder valor, Leeson dobló las apuestas en el mercado de futuros apostando a que las acciones subirían después del terremoto (compró cerca de 61.000 contratos de futuros sobre el Nikkei). En esos momentos las posiciones de la sucursal de Singapur eran de 7.000 millones de dólares a la subida de las acciones y 22 millones de dólares por la bajada. Si las apuestas se movían un poco a su favor podría salir de la situación. Cuando las acciones japonesas volvieron a caer, Leeson dio por terminadas las apuestas.

El 23 de febrero de 1995, los administradores de Barings se sorprendieron al descubrir que la oficina de Singapur había perdido 1.400 millones de dólares, más que los 660 millones de dólares a que ascendía el patrimonio del banco. Paradójicamente, ese mismo día los ejecutivos de Barings fueron informados de sus *bonus* (680.000 para Leeson y 1,5 millones de dólares para el presidente Peter Barings). Más sorprendente era aún que, solo dos días antes, habían recibido un informe del VAR (*valor en riesgo*: técnica estadística para estimar la máxima pérdida esperada de una cartera en un horizonte temporal pequeño) correspondiente al departamento de Leeson en Singapur. El informe indicaba que el VAR de la cartera de Leeson era «cero»; es decir, todas las posiciones largas de Leeson parecían estar compensadas con posiciones cortas, como, por otra parte, era lógico esperar de una operativa de arbitraje de bajo riesgo. Hasta el 6 de febrero de 1995, nadie se preguntó en Barings cómo eran posibles unos resultados tan brillantes con operaciones de arbitraje de bajo riesgo, mientras los resultados informados fueron ganancias, y elevadas. El control interno diseñado por Barings había fracasado por completo.

El 6 de marzo de 1995, el banco fue adquirido por International Nederlanden Group (ING) por una libra esterlina, aunque tuvo que añadir 660 millones de libras para capitalizar el banco. Poco después, la dimisión de Peter Baring acabó con 233 años de vida de un banco familiar. Algunos meses más tarde, los nuevos administradores del banco declararon que algunas de las personas que ocupaban puestos claves del consejo de administración de Barings, que debían ejercer un control estricto sobre los ejecutivos del banco, no tenían ni idea de los fundamentos del negocio.

Leeson y su mujer abandonaron Singapur el 23 de febrero de 1995 y se instalaron en un hotel en *Kuala Lumpur*, desde donde aquel envió un fax a la sede social de Barings en Londres: «My sincery apologies for the predicament I have left you in. It was neither my intention nor aim for this happen». Leeson fue detenido en el aeropuerto de Fráncfort (Alemania) y extraditado a Singapur en noviembre del mismo año. En Singapur, Leeson fue declarado culpable por fraude y condenado a seis años y medio de prisión. Leeson rehusó colaborar con las autoridades supervisoras inglesas, a menos que lo extraditaran a Gran Bretaña.

6. El siglo XXI

Los derivados sobre la energía: ENRON

Enron fue presentada en numerosas ocasiones como el tipo de compañía de grandes innovaciones financieras, ejemplo de la eficiencia de las empresas de Estados Unidos, modelo de la denominada Nueva Economía a finales de la pasada centuria. Por eso su quiebra sorprendió a muchos reguladores, economistas, contables, asesores de inversiones, periodistas, etc., que habían creído en la autopromoción que de ella hacían sus ejecutivos.

Enron había sido un participante menor en el negocio de los gasoductos hasta que percibió el gran potencial del mercado de derivados basado en las fluctuaciones de los precios al por mayor de la energía. Los derivados energéticos son contratos de opciones utilizados para protegerse del riesgo de fluctuaciones en los precios de electricidad, gas natural y demás precios de energía. Enron se convirtió en el mayor negociante de derivados de electricidad y gas, especialmente en el mercado no bursátil[29].

El negocio de Enron de producción de petróleo y gas natural era mínimo; por el contrario, el negocio con derivados a largo plazo sobre gas y electricidad era la base de los resultados contables registrados por la compañía. Enron creó dos sitios en Internet (*EnronOnline y Enron Energy Services*) que eran las platafor-

[29] Partnoy, F. (2003): *Codicia contagiosa*. Ed. El Ateneo. Buenos Aires.

mas desde la que sus clientes podían negociar casi cualquier producto, pero esencialmente contratos de gas y electricidad. La compañía utilizaba la plataforma para conectar a compradores y vendedores, como una bolsa de valores, en las que Enron actuaba de contraparte de cada transacción.

Al igual que muchos negocios de la compañía, *Enrononline* funcionaba al margen de la regulación financiera de Estados Unidos. Se consideraba exenta de cumplir las normas debido a que todas sus transacciones eran consideradas «contratos bilaterales» entre dos partes que negociaban en el sitio de Enron, y tales contratos derivados estaban desregulados. Esta operativa permitió a Enron registrar unas relevantes ganancias que permitían ocultar las pérdidas en otros de sus negocios.

En esencia, las ganancias en la operativa con derivados sobre la energía procedían de su valoración. El método clave era generar curvas de futuro sobre los precios del gas o la electricidad. Por ejemplo, un operador de derivados del gas podía comprometerse a comprar gas para su entrega a las pocas semanas, meses, o incluso años. La tasa a la que un operador podía adquirir gas en un año es la tasa futura a un año, y aquella con la que podía comprar dentro de diez años, es la tasa futura a diez años. La curva futura para un contrato específico de gas natural es simplemente una curva en la que aparecen todas las tasas futuras de todos los vencimientos.

Las curvas futuras son cruciales para valorar cualquier derivado, porque permiten valorar en el momento presente un contrato con vencimiento en el futuro, de la misma manera que el tipo de interés sirve para valorar hoy el dinero que se recibirá en el futuro. Como toda entidad que se dedica al negocio con derivados, Enron poseía un sistema para valorar sus derivados sobre el gas y la electricidad que utilizaba curvas a futuro para calcular el valor razonable del derivado.

En algunos mercados las curvas a futuro son fáciles de obtener (v.g., curva cupón cero sobre el tipo de interés libre de riesgo), pero en otros mercados, o para determinados plazos, son fácilmente manipulables. En el caso de los contratos de gas, la curva a futuro a corto plazo está disponible para todo el mundo en la Bolsa de Nueva York. Cualquiera que desee comprobar si una transacción se ha valorado correctamente, solo tiene que consultar un diario económico. Por el contrario, los contratos de gas y electricidad con períodos superiores a cinco años solo se negociaban en el mercado extrabursátil de Enron. Los modelos matemáticos diseñados para estimar estas curvas eran fácilmente manipulables, dado el tipo de hipótesis discrecionales con las que se elaboraban y la necesidad de estimar numerosos parámetros, además de que los auditores de la compañía no los revisaron con mucho cuidado. Los auditores tomaron por buenos los datos suministrados por los modelos, por lo que no podían descubrir cómo los operadores, moviendo muy poco las curvas (tres centavos por día en muchos casos), generaban un impacto sobre las ganancias de hasta 20 millones de dólares.

Enron conocía muy bien el papel de esos nuevos instrumentos en el mercado desregulado de la energía. Pero la empresa logró esconder a los inversores y reguladores su mala administración. Contabilizaba el valor total de sus transacciones como ingresos. Mientras los operadores de bolsa solo contabilizan el margen de los contratos de derivados como resultados, no el valor total de la transacción, Enron registraba todos por su valor razonable, a pesar de las dudas que su estimación presentaba.

6.2. Los derivados de crédito: La crisis hipotecaria

Una novedad relevante a finales del siglo XX fue la creación de los *fondos de titulización*: reagrupar activos financieros con el fin de reasignar riesgos y obtener calificaciones crediticias más altas. Los fondos de titulización permiten a los bancos y a grandes entidades obtener liquidez vendiendo su exposición a hipotecas inmobiliarias, tarjetas de crédito y otros activos financieros y derechos de cobro (recibos por cobrar, etc.). Hasta aquellas fechas las empresas realizaban estas operaciones mediante operaciones de *factoring*, a través de las cuales vendían sus cuentas a cobrar, o derechos de cobro de diversa índole, a compañías especializadas (denominadas factor). Así pues, las titulizaciones son una versión moderna del factoraje. Animados por las altas calificaciones crediticias otorgadas por las *agencias de rating* a los bonos de titulización, los inversores comenzaron a comprar bonos que les permitan asumir los riesgos asociados con cuentas a cobrar adeudadas a los bancos y otras compañías.

Una de las innovaciones más significativas del negocio de la titulización fueron los Bonos con Colateral (*Collateral Debt Obligation*, CDO). Los CDO incorporan varios tipos de *derivados de crédito* que transfieren el riesgo de crédito de las entidades originadoras de los derechos de cobro a los inversores en los bonos CDO. Mediante estas operaciones, un banco transfiere a una entidad específica (v.g., un fondo de titulización) una cartera de activos de su propiedad (hipotecas, tarjetas de crédito, etc.). La entidad específica procede a emitir títulos respaldados por los activos transferidos y a dividir los títulos en porciones con distinto riesgo de crédito las cuales son compradas por los inversores. En un CDO sencillo las porciones se agrupan en tres clases: *senior*, *intermedia* y *equity*. La clase *senior* tiene un rendimiento superior a los bonos del Tesoro, pongamos un 0,5% más; a continuación la clase *intermedia*, con un rendimiento de quizás un 2% superior a los bonos del Tesoro, y la clase *equity* se paga en última instancia después del pago completo de las clases anteriores, con un rendimiento no específico pero que puede ser alto (si los prestatarios de los activos transferidos pagan) o cero (si los prestatarios de los activos transferidos incumplen). Las calificaciones crediticias de los bonos «agregaban valor» a los activos transferidos, al permitir a los inversores comprar solo una parte de ellos, lo que de otra forma no podrían haber hecho.

En Estados Unidos el éxito de estas estructuras relajó las políticas de concesión de créditos y animó a algunas entidades financieras a transferir los préstamos más arriesgados de entre los hipotecarios (*subprime*), buena parte de ellos formalizados a interés variable. La idea teórica de que los inversores —sobre la base de las calificaciones crediticias otorgadas por las agencias de *rating*— disponen de la misma información sobre la calidad y riesgo de las hipotecas que la entidad originadora, incentivó que algunas entidades explotaran la información asimétrica y se preocupasen únicamente por el volumen de negocio dejando a un lado las cuestiones asociadas con la calidad del riesgo de crédito subyacente que incorporaban los bonos. El problema principal que puede darse en una situación de información asimétrica es que, además de relajar los criterios de concesión de créditos, se pueden dar *prácticas depredadoras* (*i.e.* concesión de créditos a personas que el prestamista conoce de entrada que carecen de capacidad para devolverlo) especialmente si la entidad obtiene su beneficio en la originación del crédito y no en su posterior evolución, o cuando son entidades de reciente creación y no tiene una reputación que defender.

La baja percepción del riesgo de crédito transferido junto con los altos rendimientos ofrecidos animaron a inversores dentro y fuera de Estados Unidos (*hedge fund*, fondos europeos y japoneses entre ellos) a adquirir los CDO cuya valoración es muy incierta (también para las entidades más sofisticadas) y cuya liquidez es muy sensible a los cambios en el entorno económico. La subida de los tipos de interés iniciada por la Reserva Federal de Estados Unidos (informalmente FED) en 2005 hizo aumentar las cuotas de intereses de los préstamos *subprime* referenciados a tipos interbancarios, y con ellas los incumplimientos, lo que unido a una caída en el precio de los activos reales que servían de garantía acentuó la percepción del riesgo. En muchos CDO, la proporción de hipotecas *subprime* alcanzaba el 70% del total activo. Para reducir el riesgo de correlación, se adquirían hipotecas procedentes de diversas regiones pero, en una gran parte de los casos, las regiones seleccionadas fueron las más afectadas por los incumplimientos de los prestatarios y las caídas de valor de los inmuebles.

En la primavera de 2007 algunas entidades de crédito especializadas en préstamos *subprime* anunciaban dificultades para encontrar financiación adecuada y tras la quiebra de alguna de ellas los mercados interbancarios reflejaron fuertes turbulencias, con un fuerte tensionamiento de los tipos de interés y dificultades de algunas entidades para financiarse. El 15 de junio, la agencia de calificación Moody's rebajaba la calificación de 131 fondos garantizados por préstamos *subprime* y anunciaba la revisión de 250 bonos de cara a una posible rebaja. El proceso de reajuste a la baja de las calificaciones crediticias del resto de las agencias de calificación continuó a lo largo del verano. La liquidez de los mercados se evaporó con rapidez, suscitando dudas sobre los supuestos subyacentes en las valoraciones basadas en modelos. Conforme aumentaba el nerviosismo sobre las necesidades de financiación de los bancos, comenzó a propagarse por los mercados monetarios a corto plazo una creciente demanda de liquidez que ocasionó subidas de los tipos de interés interbancarios a un día. En este entorno, el 9 de agosto tanto el Banco Central Europeo como la FED realizaron inyecciones de liquidez, a muy corto plazo, que continuaron en semanas posteriores. No obstante, ante los persistentes temores sobre la situación de liquidez a más largo plazo, la volatilidad de los tipos de interés de los mercados interbancarios permaneció anormalmente elevada hasta finales de agosto.

Conforme se acentuaban las turbulencias en los mercados interbancarios se registró un brusco descenso de los rendimientos de los títulos emitidos por los estados de los países industriales ante las ventas generalizadas y el abandono de los activos de riesgo por parte de los inversionistas. Mientras tanto, el abandono de los activos de riesgo se propagó a otras categorías de activos, incluidos los mercados de renta variable, testigos de pérdidas generalizadas entre la segunda quincena de julio y la misma de septiembre. A mediados de agosto, el índice Standard&Poor 500 había perdido un 8% respecto de su nivel de mayo y el Eurostoxx, alrededor del 7%. Estas pérdidas anularon gran parte de las ganancias acumuladas por las bolsas estadounidenses y europeas desde comienzos de año, al tiempo que situaban los índices japoneses muy por debajo de sus niveles al cierre de 2006. Las acciones de los sectores bancario e inmobilario se vieron especialmente afectadas por las noticias adversas procedentes del mercado de la vivienda. No obstante, las caídas de los mercados bursátiles tuvieron lugar en un entorno de sólidos beneficios empresariales y con una situación macroeconómica relativamente favorable.

En la fecha en que este libro se edita no existe un diagnóstico preciso de la magnitud del deterioro de las carteras hipotecarias subyacentes ni de la magnitud de la exposición al riesgo que se ha diseminado entre los inversores a través de los bonos de titulización. Según el gobernador[30] del Banco de Francia las pérdidas originadas por la crisis ascendían, el 4 de diciembre de 2007, a 250.000 millones de dólares, cifra equivalente a los beneficios anuales de las cuarenta entidades financieras más grandes del mundo, lo que daba una medida de la importancia de la crisis, y más aún cuando todavía no se tenía una estimación fiable de las pérdidas que finalmente aflorarán. Pero existe otro impacto muy relevante que es la situación, sin precedentes en los últimos cincuenta años, de incertidumbre en los mercados interbancarios, por la falta de liquidez, dado que existía un fuerte recelo entre las entidades por el desconocimiento que tenían de la exposición al riesgo de crédito de sus contrapartes. Las funciones fundamentales de redistribución de la liquidez y de financiación interbancaria a corto plazo se dañaron gravemente, lo que obligó a los bancos centrales a un sostén continuado de la liquidez del sistema, inyectando cifras muy superiores a las habituales, además de que la política monetaria se subordinó totalmente a la evitación de la crisis sistémica.

La crisis de las *subprime* puso en evidencia que las buenas prácticas de riesgos —supuestamente asentadas en los grandes bancos internacionales y especialmente en los bancos de inversión— no eran tales, dados los errores en la valoración de los instrumentos y por otra parte la estimación de los riesgos debía haber anticipado la necesidad de mayores recursos propios, cuestión que no ocurrió. Después de las pérdidas sufridas las entidades buscaron reforzar su base de capital pero el riesgo no fue anticipado. Este aspecto, que no podemos desarrollar aquí tan ampliamente como se merece, debería ser motivo, en nuestra opinión, de una amplia reflexión por parte de los organismos reguladores y supervisores.

---

[30] Christian Noyer: *Réflexions sur les turbulences financières actualles*, Euro Fixed Income Forum, martes, 4 de diciembre de 2007.

7. Una observación final

La historia de los derivados también es la historia de los millones de contratos negociados que no han generado ningún sobresalto especial, salvo las normales pérdidas y ganancias obtenidas por las contrapartes o el cumplimiento de su función de instrumento de cobertura. Los acontecimientos reseñados pueden tener cierta similitud con los accidentes de aviación, que cuando ocurren son enormes catástrofes pero que no invalidan los millones de vuelos sin incidencias. Quizás hay una diferencia importante en esta analogía y es que la aeronáutica es una técnica asentada en firmes leyes físicas y en refinados métodos experimentales, mientras que los derivados no tienen ese fundamento científico, de tal modo que el denominado riesgo del modelo es muy relevante. Los modelos de valoración y medición del riesgo de los contratos derivados se construyen sobre hipótesis que en ocasiones dejan fuera elementos esenciales de la realidad, la liquidez por ejemplo, y por otra parte los modelos son muy sensibles a la estimación de parámetros para los que, en muchos casos, falta la mínima información requerida. Pero la analogía comparte el hecho de que los problemas de control, seguridad y «mantenimiento» son muy relevantes en la explicación de las catástrofes aeronáuticas y financieras.

capítulo 2

Instrumentos derivados

ÍNDICE

1. Introducción
2. *Forward* y futuros
   - 2.1. *Forward* sobre una divisa
   - 2.2. FRA (Acuerdo sobre un tipo de interés)
   - 2.3. *Forward* sobre bonos
   - 2.4. *Forward* sobre instrumentos de capital (acciones)
   - 2.5. Futuros sobre tipos de interés
   - 2.6. Futuros sobre bonos
   - 2.7. Futuros sobre instrumentos de capital (acciones) e índices bursátiles
   - 2.8. Permutas de tipos de interés
   - 2.9. Permutas de divisas
3. Opciones
   - 3.1. Opciones estándar
   - 3.2. Opciones digitales
   - 3.3. Opciones rango
   - 3.4. Opciones barrera
   - 3.5. Opciones asiáticas
   - 3.6. Opciones cuanto
   - 3.7. Opciones con subyacente y precio de ejercicio en divisas diferentes
   - 3.8. Opciones *lookback*
   - 3.9. Opciones escalera
   - 3.10. Opciones con pago diferido
   - 3.11. Opciones *forward start*
   - 3.12. Opciones sobre opciones
   - 3.13. Opciones a elegir
   - 3.14. Opciones sobre máximos y mínimos
   - 3.15. *Cap* y *floors*
   - 3.16. Opciones sobre *swaps* (*swaptions*)
4. Derivados de crédito
   - 4.1. Permutas de incumplimiento (*Credit default swap*)
   - 4.2. Permutas de la totalidad de los rentimientos (*Total return swap*)
   - 4.3. Opciones sobre el *spread*
   - 4.4. Primer incumplimiento (*first to default*)
   - 4.5. Segundo incumplimiento (*second default*)
5. Los productos híbridos o estructurados

1. Introducción

Los instrumentos derivados son contratos cuyo valor es función, depende (se deriva), de otra variable denominada variable subyacente. Frecuentemente la variable es el precio de un instrumento financiero (acciones, bonos, divisas), el precio de una materia prima, el precio de la energía eléctrica o algún tipo de interés como, por ejemplo, los tipos de interés LIBOR y EURIBOR. Pero la variable subyacente puede ser la temperatura o la cantidad de nieve medidas en una estación meteorológica. Otras variables utilizadas como subyacentes son los índices de precios de instrumentos financieros, como, por ejemplo, las diferentes modalidades de los índices Dow Jones, Standard&Poor's, NASDAQ o los índices de las bolsas europeas. También los índices de precios de consumo son utilizados como variable subyacente y la volatilidad de un instrumento financiero calculada según reglas precisas. Lo que tienen de común todas las variables descritas es que pueden observarse en la fecha de liquidación del contrato. Existen derivados en los que la liquidación del contrato depende del comportamiento de la variable subyacente durante un determinado intervalo de tiempo, que puede coincidir con la vida del contrato, y también derivados que dependen de varias variables subyacentes.

Los derivados se pueden contratar en mercados organizados y en mercados OTC. En los primeros la contratación se realiza dentro de una bolsa de valores, mediante la compraventa de contratos estandarizados y con la aportación de garantías por las contrapartes, lo que, en teoría, elimina el riesgo de crédito y hace innecesario el conocimiento de la contraparte. En los segundos, mercados OTC, el riesgo de crédito es relevante, aunque puede mitigarse e incluso eliminarse, pero ofrece mayor flexibilidad que los mercados organizados dado que cabe todo tipo de operaciones pactadas por las partes.

Los derivados más sencillos son los contratos *forward* que son acuerdos entre las partes para la compraventa de un instrumento financiero, o una materia prima, en una fecha futura, pero con el precio pactado en la fecha de contratación. También son contratos *forward* los acuerdos sobre intercambio de intereses en una, o varias, fechas futuras, calculados los intereses mediante un tipo de interés fijo, para una de las contrapartes, y mediante un tipo de interés variable, para la otra.

Las opciones son contratos en los que, básicamente, el comprador adquiere el derecho a recibir un pago contingente[1], positivo o nulo, en la fecha de vencimiento del contrato, a cambio de la realización del pago de un importe, denominado prima, en la fecha de contratación. Existen tantos tipos de opciones como formas posibles de definir el pago contingente.

Desde mediados de los años setenta ha sido creciente el volumen de contratación de instrumentos derivados y al mismo tiempo que crecía el número de contratos diferentes. Los derivados se utilizan para tres funciones básicas: a) para tomar posiciones de riesgo sobre la variable subyacente pero con una inversión

[1] El pago puede ser en efectivo o mediante intercambio de instrumentos, como, por ejemplo, efectivo contra un instrumento financiero.

mucho menor que si la posición se tomara sobre la propia variable; b) para diseñar operaciones de cobertura de riesgos, y c) para crear nuevos instrumentos financieros, combinando varios derivados o instrumentos tradicionales (acciones, divisas, bonos, depósitos) con características de rentabilidad y riesgo perfectamente moduladas. Este tipo de instrumentos, con características propias, se denominan productos estructurados.

Desde el punto de vista de las normas contables, un instrumento derivado (o un derivado) es un instrumento financiero que cumple las tres características siguientes[2]:

a) Su valor cambia en respuesta a los cambios en un determinado tipo de interés, en el precio de un instrumento financiero, en el precio de materias primas cotizadas, en el tipo de cambio, en el índice de precios o de tipos de interés, en una calificación o índice de carácter crediticio, o en función de otra variable, suponiendo que, en caso de que se trate de una variable no financiera, no se especifica para una de las partes del contrato.

b) No requiere una inversión inicial neta, o bien obliga a realizar una inversión inferior a la que se requeriría para otro tipo de contratos, en los que se podría esperar una respuesta similar ante un cambio en las condiciones de mercado.

c) Se liquidará en una fecha futura.

2. *Forward* y futuros

2.1. *Forward* sobre una divisa

Una operación a plazo sobre una divisa, o *forward* sobre una divisa, es un contrato entre dos partes para la entrega futura de una cantidad de divisa a un tipo de cambio pactado. Estos acuerdos se pueden realizar con fines de negociación (especulativos) o con fines de cobertura. Generalmente se cotiza en términos de un importe monetario de la divisa doméstica por una unidad de la divisa extranjera o divisa subyacente. Por ejemplo, un acuerdo entre dos partes para comprar cien mil euros dentro de 90 días al tipo de cambio 1,357 dólares por euro.

Si el contrato establece que la liquidación es mediante entrega física (*Delivery Forward*), al vencimiento el comprador y el vendedor intercambian las monedas según el tipo de cambio pactado.

Si el contrato establece que la liquidación es por compensación en efectivo (*Non Delivery Forward*), al vencimiento del contrato se compara el tipo de cambio contado con el tipo de cambio *forward* pactado en el contrato, y la diferencia multiplicada por el nocional del contrato es pagada por la parte perdedora. El comprador paga si el tipo de cambio de liquidación es inferior al tipo de cambio pactado en el contrato, y el vendedor paga si el tipo de cambio de liquidación es superior al tipo de cambio pactado en el contrato.

[2] IAS 39 y SFAS 133.

La liquidación en el vencimiento del contrato se realiza mediante la fórmula:

$$L = \pm N \times (S_T - F_C)$$

$+$ es para la liquidación del comprador y $-$ es para la liquidación del vendedor.

Siendo:

N: Nocional del contrato.

S_T: Tipo de cambio contado en la fecha de vencimiento del contrato.

F_C: Tipo de cambio *forward* pactado en la fecha inicial del contrato.

EJEMPLO 2.1. Liquidación de *forward* divisa posición vendedora

Un contrato *forward* sobre el dólar posición vendedora sobre un nocional de N = 1.000.000 $ se ha negociado al tipo de cambio *forward* = 0,727 €/$. En el vencimiento el tipo de cambio contado es 0,725 €/$. La liquidación que recibe el vendedor es:

$$L = -N \times (S_T - f_C) = -1.000.000 \times (0{,}725 - 0{,}727) = 2.000\ €$$

El vendedor recibe el pago del comprador porque el precio del subyacente (el dólar) ha bajado. El tipo de cambio de liquidación es inferior al tipo de cambio pactado en el contrato.

2.2. FRA (Acuerdo sobre un tipo de interés)

FRA es el acrónimo de la expresión inglesa «forward rate agreement». Se trata de un contrato para que en una fecha futura el comprador y el vendedor se intercambien flujos de liquidez que resultan del cálculo de intereses. El comprador paga los intereses, calculados sobre un nocional pactado, correspondientes a un tipo de interés fijo, denominado tipo de interés del contrato, y recibe del vendedor los intereses, calculados sobre el mismo nocional, correspondientes a un tipo de interés variable, denominado tipo de referencia del contrato. En el contrato se define un período de vigencia que coincide con el plazo del tipo de interés elegido como referencia, por ejemplo, EURIBOR seis meses. Existen tres fechas relevantes: la fecha de contratación, la fecha de inicio o de referencia y la fecha de vencimiento. El denominado período de vigencia es la diferencia entre la fecha de vencimiento y la fecha de inicio o de referencia. En esta última fecha se determina el tipo de interés para la liquidación del contrato por parte del pagador variable. Aunque el contrato finaliza en la fecha de vencimiento, la liquidación de la diferencia de intereses se realiza en la fecha de inicio, por lo que es práctica habitual liquidar el contrato actualizando la diferencia de intereses y utilizar como tipo de interés para la actualización el tipo de interés observado en la fecha de referencia. Si el tipo de interés de referencia es mayor que el tipo de interés del contrato, el vendedor, pagador variable, paga al comprador. Por el contrario, si el tipo de interés de referencia es menor que el tipo de interés del contrato, el comprador, pagador fijo, paga al vendedor.

La liquidación del contrato se realiza mediante la fórmula:

$$L = \pm \frac{N \times (r_L - r_C) \times h}{1 + r_L \times h}$$

$+$ es para la liquidación del comprador y $-$ es para la liquidación del vendedor.

Siendo:

N: Nocional del contrato.

r_L: Tipo de interés de referencia, anualizado, en la fecha de liquidación del contrato.

r_C: Tipo de interés del contrato, anualizado, pactado por las partes.

h: Plazo de referencia, expresado en años, del tipo de interés negociado.

EJEMPLO 2.2. Liquidación de un contrato FRA

A, comprador, y B, vendedor, han pactado un tipo de interés del 3,90% para dentro de tres meses y para una referencia variable de plazo seis meses. El nocional es de 10 millones de €. En el vencimiento, a los tres meses, el tipo de referencia a seis meses es el 4,15%. Los intereses se calculan mediante interés simple y base 360, al igual que la actualización.

B el vendedor paga al comprador el siguiente importe:

$$L = \frac{N \times (r_L - r_C) \times h}{(1 + r_L h)} = \frac{10.000.000 \times (4,15\% - 3,90\%) \times (180/360)}{(1 + 4,15\% \times 180/360)} =$$

$$= 12.245,90 \text{ €}$$

CAPÍTULO 2

2.3. *Forward* sobre bonos

Una operación *forward* sobre un bono es una operación que tiene como subyacente un determinado bono y consiste en el compromiso de compraventa del bono para la entrega, y el pago, en una fecha futura, pero estableciendo el precio hoy. En la fecha de vencimiento del contrato se liquida a) con el precio del bono al contado o b) mediante entrega física del bono.

La liquidación en efectivo se realiza mediante la fórmula:

$$L_T = \pm N \times (P_T - P_C)$$

$+$ es para la liquidación del comprador y $-$ es para la liquidación del vendedor.

Siendo:

N: Nocional del contrato.

P_T: Precio del bono en la fecha de vencimiento del contrato.

P_C: Precio del bono pactado en el contrato.

EJEMPLO 2.3. Liquidación en el vencimiento de una compraventa a plazo de un bono con a) entrega física y b) liquidación en efectivo

Una operación *forward* sobre un bono se negocia con un precio pactado del 95,56% sobre 300 bonos, de una determinada referencia, de nominal unitario 10.000 €. El vencimiento de la operación es dentro de 87 días. El precio del bono el día del vencimiento es del 98,73%.

a) Entrega física: En el vencimiento el vendedor entrega al comprador 300 bonos de la referencia establecida en el contrato y el comprador paga al vendedor el precio pactado.

$$P = 10.000 \times 300 \times 95{,}56\% = 2.866.800 \text{ €}$$

b) Liquidación en efectivo: El vendedor paga al comprador la diferencia de precios, que es positiva, multiplicada por el nominal del contrato.

$$P = 10.000 \times 300 \times (98{,}73\% - 95{,}56\%) = 95.100 \text{ €}$$

2.4. *Forward* sobre instrumentos de capital (acciones)

Una operación *forward* sobre instrumentos de capital es una operación a plazo que tiene como subyacente una determinada acción y consiste en el compromiso de compraventa de la acción para la entrega, y el pago, en una fecha futura, pero estableciendo el precio hoy. En la fecha de vencimiento del contrato se liquida con el precio de la acción al contado o mediante entrega física de la acción.

La liquidación se realiza mediante la fórmula:

$$L_T = \pm N \times (S_T - S_C)$$

$+$ es para la liquidación del comprador y $-$ es para la liquidación del vendedor.

Siendo:

N: Nocional del contrato.

S_T: Precio de la acción en la fecha de vencimiento del contrato.

S_C: Precio de la acción pactado en el contrato.

EJEMPLO 2.4. Liquidación en el vencimiento de una compraventa de una acción sin entrega física y liquidación por diferencias

A compra a B 2.500 acciones para entrega dentro de 95 días al precio $S_C = 22$ €. En el vencimiento del contrato el precio de la acción es $S_T = 20{,}17$ €. El contrato se liquida en efectivo. Como el precio ha bajado, el comprador paga al vendedor.

$$L = +2.500 \times (20{,}17 - 22) = -4.575 \text{ €}$$

2.5. Futuros sobre tipos de interés

En los mercados organizados[3] sobre tipos de interés se negocia un tipo de interés de una referencia muy líquida, por ejemplo, LIBOR tres meses o EURIBOR tres meses. La cotización se realiza en precio con el convenio $P = 100 - i$, siendo i la tasa de interés pactada.

La liquidación del contrato se realiza diariamente, y como se trata de una liquidación de diferencia de intereses, la variación del precio se multiplica por el plazo de la referencia; por ejemplo, si es 90 días y en base 360, será 0,25 años.

La liquidación diaria es:

$$L = \pm n \times N \times \Delta P \times h$$

siendo:

$+$: Para la posición compradora (larga).

$-$: Para la posición vendedora (corta).

n: Número de contratos.

N: Nocional de un contrato, la variación del precio (precio final menos precio inicial).

h: Tiempo en años del plazo de la referencia subyacente.

EJEMPLO 2.5. Liquidación diaria de una posición en futuros

Se realizan las siguientes operaciones en un mercado organizado sobre Euribor-3 meses.

El nocional de cada contrato es 100.000 €.

Día 1: Compra de 20 contratos, precio $P_1 = 94{,}8\%$

Precio de cierre $P_{C1} = 94{,}7\%$

Día 2: Compra de 25 contratos, precio $P_2 = 94{,}6\%$

Precio de cierre $P_{C2} = 94{,}9\%$

Día 3: Sin operaciones

Precio de cierre $P_{C3} = 95{,}1\%$

Día 4: Venta de 45 contratos, precio $P_3 = 94{,}9\%$

Precio de cierre $P_{C4} = 94{,}8\%$

Las liquidaciones diarias y el resultado neto de la negociación son:

$$L = \pm n \times N \times (P_f - P_i) \times h$$

[3] Los mercados organizados, o bolsas de derivados, se caracterizan esencialmente por la existencia de una Cámara de compensación y liquidación de las operaciones que ajusta los precios de las posiciones de los participantes a los precios de cierre del mercado y la exigencia de garantías para el riesgo de contraparte.

Día 1: 20 contratos comprados a 94,8%
Precio de cierre 94,7%

$$L = \pm n \times N \times (P_f - P_i) \times h =$$
$$= +20 \times 100.000 \times (94{,}7\% - 94{,}8\%) \times 0{,}25 = -500$$

Día 2: 20 contratos comprados a 94,7% y 25 contratos comprados a 94,6%
Precio de cierre 94,9%

$$L = \pm n \times N \times (P_f - P_i) \times h =$$
$$= +20 \times 100.000 \times (94{,}9\% - 94{,}7\%) \times 0{,}25 = 1.000$$
$$L = \pm n \times N \times (P_f - P_i) \times h =$$
$$= +25 \times 100.000 \times (94{,}9\% - 94{,}6\%) \times 0{,}25 = 1.875$$

Día 3: 45 contratos comprados a 94,9%
Precio de cierre 95,1%

$$L = \pm n \times N \times (P_f - P_i) \times h =$$
$$= +45 \times 100.000 \times (95{,}1\% - 94{,}9\%) \times 0{,}25 = 2.250$$

Día 4: 45 contratos comprados a 95,1% y 45 contratos vendidos a 94,9%
Precio de cierre 94,8%

$$L = \pm n \times N \times (P_f - P_i) \times h =$$
$$= +45 \times 100.000 \times (94{,}8\% - 95{,}1\%) \times 0{,}25 = -3.375$$
$$L = \pm n \times N \times (P_f - P_i) \times h =$$
$$= +45 \times 100.000 \times (94{,}6\% - 94{,}9\%) \times 0{,}25 = 1.125$$

Resultado neto:

$$RN = -500 + 1.000 + 1.875 + 2.250 - 3.375 + 1.125 = 2.375 \text{ €}$$

2.6. Futuros sobre bonos

En los mercados organizados, las operaciones de compraventa a plazo sobre bonos se denominan futuros. La práctica habitual es que se negocia un bono nocional cuya equivalencia con los bonos reales se establece a través del denominado factor de conversión de cada bono. Un bono nocional es un bono teórico que se emitiría el día del vencimiento del contrato de futuros. Tiene un importe nocional, un cupón facial y un vencimiento establecido, por lo que es factible calcular el precio asignándole una determinada tasa de interés al vencimiento (TIR).

La forma en la que se determina el factor de conversión la establece el reglamento de cada bolsa de futuros. Dicho factor permite transformar el precio de un bono real en el precio del bono nocional.

2.7. Futuros sobre instrumentos de capital (acciones) e índices bursátiles

Las operaciones de compraventa a plazo sobre acciones se denominan futuros cuando se negocian en un mercado organizado. En el caso de que el subyacente sea un índice bursátil, la Bolsa establece la conversión de los puntos del índice en valores monetarios.

2.8. Permutas de tipos de interés

Una permuta financiera de intereses o *swap* de intereses (*interest rate swap*) es un contrato que establece el intercambio de intereses, calculados sobre un nocional, en fechas futuras. Existen tantos tipos diferentes de *swaps* como las partes quieran establecer. El contrato *swap* genérico o estándar de tasas de interés (*swap vanilla*) se caracteriza por las siguientes notas:

a) Tener un nocional constante que sirve para calcular el importe de los flujos de intereses intercambiados, pero que en ningún caso es intercambiado.

b) Intercambio de intereses calculados con un tipo de interés fijo a cambio de intereses calculados mediante tipos de interés que son desconocidas (variables) en la fecha de la realización del contrato.

c) Tipo de interés variable sin margen (*spread*).

d) Flujos de liquidez intercambiados en períodos regulares, aunque no tienen por qué coincidir.

e) No está diferido el comienzo del *swap*; es decir, el comienzo de la determinación del primer cálculo de intereses no se difiere a una fecha futura.

EJEMPLO 2.6. *Swap* de intereses

Una permuta de intereses se ha negociado con las siguientes características:

Pata fija:
Divisa: dólar
Nocional: 100 millones de dólares
Fecha de negociación: 03/01/200X
Fecha valor de entrada en vigor: 04/01/200X
Vencimiento: 04/07/200X + 10
Fechas de liquidación de intereses: 04/01 y 04/07 de cada año
Tipo de interés fijo: 4,25%
Base: Exacta/360

Pata variable:
Divisa: dólar
Nocional: 100 millones de dólares
Fecha de negociación: 03/01/200X
Fecha valor de entrada en vigor: 04/01/200X
Vencimiento: 04/07/200X + 10

Fechas de liquidación de intereses: 04/01 y 04/07 de cada año
Tipo de interés variable: LIBOR dólar seis meses
Base: Exacta/360

EJEMPLO 2.7. Liquidación de una permuta de intereses

Una permuta de intereses se ha negociado al plazo de cinco años, con pago de intereses anual, cálculo de intereses base Exacta/360, con un tipo fijo pactado en el contrato de 100.000.000 de unidades monetarias. Las fechas de intercambio de intereses, el importe y la liquidación neta se indican en la tabla siguiente donde se supone que los tipos variables fueron los registrados en la columna denominada «Variable». La Tabla 2.1 corresponde al pagador fijo y la columna denominada «Liquidación» corresponde al neto.

Tabla 2.1

Fecha	Días	Variable (%)	Fijo (%)	Intereses	Intereses	Liquidación
03/02/2000				variable	fijo	
03/02/2001	366	4,50	5,00	4.575.000	5.083.333	−508.333
03/02/2002	365	4,75	5,00	4.815.972	5.069.444	−253.472
03/02/2003	365	5,10	5,00	5.170.833	5.069.444	101.389
03/02/2004	365	5,20	5,00	5.272.222	5.069.444	202.778
03/02/2005	366	5,60	5,00	5.693.333	5.083.333	610.000

2.9. Permutas de divisas

Una permuta de divisas es un intercambio de flujos de intereses en divisas diferentes y generalmente un intercambio de principal al final de la operación a un tipo de cambio acordado en el inicio de la operación.

El contrato *swap* genérico o estándar de tipos de interés en divisas diferentes (*cross currency swap*) se caracteriza por las siguientes notas:

a) Nocional constante a lo largo de la vida del *swap* para cada divisa.

b) La relación entre los nocionales viene dada por el tipo de cambio de contado en la fecha de inicio del contrato.

c) Intercambio de intereses:

- **i)** Calculados con un tipo fijo en una divisa y con un tipo fijo en la otra divisa.
- **ii)** Calculados con un tipo fijo en una divisa y con un tipo variable en la otra divisa.
- **iii)** Calculados con un tipo variable en una divisa y con un tipo variable en la otra divisa.

d) No diferido en el tiempo.

EJEMPLO 2.8. Liquidaciones de una permuta de divisas

En un contrato de permuta de divisas dos contrapartes acuerdan intercambiar los intereses calculados con un tipo fijo en euros por los intereses calculados con un tipo fijo en dólares. Los nocionales se establecen con el tipo de cambio de contado de la fecha de la transacción 1,25 $/€ y son 100 millones de € y 125 millones de $. Las liquidaciones son anuales con base Exacta/360 y en el vencimiento también se intercambian los principales. En la Tabla 2.2 se recogen los importes intercambiados.

Tabla 2.2

Fecha	Días	Fijo (%)	Fijo (%)	Intereses	Intereses
03/02/2000		€	$	fijo €	fijo $
03/02/2001	366	4,00	5,00	4.066.667	6.354.167
03/02/2002	365	4,00	5,00	4.055.556	6.336.806
03/02/2003	365	4,00	5,00	4.055.556	6.336.806
03/02/2004	365	4,00	5,00	4.055.556	6.336.806
03/02/2005	366	4,00	5,00	4.066.667	6.354.167
				Principal	Principal
03/02/2005				100.000.000	125.000.000

3. Opciones

3.1. Opciones estándar

Una opción de compra (en inglés, *call*) estándar es un contrato que otorga al comprador el derecho, pero no la obligación, de comprar un determinado activo, denominado activo subyacente, en una fecha futura, a un precio pactado denominado precio de ejercicio. Si el derecho solo se puede ejercitar en el vencimiento, la opción se llama *europea*, pero si el derecho se puede ejercitar en cualquier fecha desde el inicio del contrato hasta el vencimiento, la opción se llama *americana*.

Una opción de venta (en inglés, *put*) estándar es un contrato que otorga al comprador el derecho, pero no la obligación, de vender un determinado activo, denominado activo subyacente, en una fecha futura, a un precio pactado denominado precio de ejercicio. Si el derecho solo se puede ejercitar en el vencimiento, la opción se llama *europea*, pero si el derecho se puede ejercitar en cualquier fecha desde el inicio del contrato hasta el vencimiento, la opción se llama *americana*.

También existe la posibilidad de ejercitar la opción en varias fechas antes del vencimiento, en cuyo caso la opción se denomina *bermuda*.

La liquidación se puede realizar mediante entrega física del activo subyacente o por liquidación en efectivo de la diferencia de precios. En el caso de una opción de compra, el comprador, si ejercita la opción, paga el precio pactado y recibe el activo subyacente, del vendedor de la opción, cuyo precio es superior al precio pactado. O bien, el vendedor entrega al comprador de la opción la diferencia entre el precio del activo subyacente en el vencimiento y el precio de ejercicio. En el caso de una opción de venta, el comprador, si ejercita la opción, entrega el activo subyacente y recibe el precio de ejercicio, del vendedor de la opción, siendo el precio del activo inferior al precio pactado. O bien, el vendedor entrega al comprador de la opción la diferencia entre el precio de ejercicio y el precio del activo subyacente en el vencimiento.

Las liquidaciones se pueden escribir para las opciones de compra C_T y de venta P_T con precio de ejercicio E y precio del activo subyacente en el vencimiento S_T mediante las expresiones:

$$C_T = \text{máx}\,(S_T - E,\ 0) \qquad\qquad P_T = \text{máx}\,(E - S_T,\ 0)$$

donde máx (a, b) significa el máximo de a y b.

El comprador de la opción paga al vendedor la denominada prima que es simplemente el precio del derecho que el vendedor ha vendido al comprador. La prima se paga en la fecha en la que el contrato se inicia, salvo en un tipo de opciones, denominadas de prima diferida, que se paga, en su caso, en el vencimiento. Estas opciones se exponen más adelante.

EJEMPLO 2.9. Liquidación de una opción de compra estándar europea sobre acciones

A compra a B opciones de compra estándar sobre $N = 2.500$ acciones, con precio de ejercicio por acción $E = 22{,}5$ €, con vencimiento dentro de tres meses. En el vencimiento el precio de la acción es $S_T = 24$ €; A paga a B la prima que han negociado por un importe de 1.687,5 €. En el vencimiento, B paga a A:

$$L_T = N \times \text{máx}\,(S_T - E,\ 0) = 2.500 \times \text{máx}\,(24 - 22{,}5;\ 0) = 3.750 \text{ €}$$

EJEMPLO 2.10. Liquidación de una opción de venta estándar europea sobre el dólar de Estados Unidos

A compra a B opciones de venta estándar europeas sobre $N = 27.000$ \$ con precio de ejercicio $E = 0{,}78$ €/\$. La prima del contrato asciende a 315,9 € que A paga a B. En el vencimiento el tipo de cambio es $S_T = 0{,}72$ €/\$.

B paga a A:

$$L = N \times \text{máx}\,(E - S_T,\ 0) = 27.000 \times \text{máx}\,(0{,}78 - 0{,}72;\ 0) = 1.620 \text{ €}$$

EJEMPLO 2.11. Liquidación de una opción de compra estándar europea sobre futuros sobre el petróleo

A compra a B opciones de compra estándar sobre el futuro del petróleo, vencimiento de la opción dentro de tres meses y vencimiento del futuro dentro de seis meses. El nocional del contrato es $N = 20.000$ barriles de petróleo con precio de ejercicio $E = 72$ \$/barril. A paga a B en concepto de prima 93.600 \$. En el vencimiento de la opción el futuro cotiza a $F_T = 78$ \$/barril.

B paga a A:

$$L = N \times \text{máx}\,(F_T - E,\ 0) = 20.000 \times \text{máx}\,(78 - 72{,}0) = 120.000\ \$$$

3.2. Opciones digitales

Una opción digital europea de compra otorga al comprador el derecho a recibir del vendedor en el vencimiento un importe fijo pactado en el contrato, si el precio del activo subyacente supera, en el vencimiento, el precio de ejercicio.

Una opción digital europea de venta otorga al comprador el derecho a recibir del vendedor en el vencimiento un importe fijo pactado en el contrato, si el precio del activo subyacente no supera, en el vencimiento, el precio de ejercicio.

En el vencimiento la liquidación se puede expresar del modo siguiente: $L = W \times 1_{\{S_T > E\}}$, W es el importe pactado en el contrato.

$1_{\{S_T > E\}} = \begin{cases} 1 & \text{si } S_T > E \\ 0 & \text{si } S_T \leqslant E \end{cases}$ es la función indicatriz que es muy útil para expresar la función de pago de algunas de las opciones más negociadas. En general es:

$$1_{\{A\}} = \begin{cases} 1 & \text{si A es verdadero} \\ 0 & \text{si A es falso} \end{cases}$$

EJEMPLO 2.12. Opción de compra digital europea

Un contrato establece que el comprador tiene derecho a recibir del vendedor 300.000 € si en el vencimiento del contrato, a los 180 días de la negociación, el precio de la acción de la empresa XYZ supera los 17 €. Por este contrato el comprador abona al vendedor 147.200 € en concepto de prima. En el vencimiento el precio de la acción es 16,9 €. B no debe pagar nada al comprador A.

EJEMPLO 2.13. Opción de venta digital europea

Un contrato establece que el comprador tiene derecho a recibir del vendedor 250.000 € si en el vencimiento del contrato el precio del dólar de Estados Unidos está por debajo de 0,80 €/\$. El comprador abona al vendedor 127.000 €

en concepto de prima. En el vencimiento el dólar cotiza a 0,77 €/\$. En este caso el vendedor abona al comprador 250.000 €.

Las opciones digitales permiten diseñar tipos de interés fijos, pero contingentes, es decir que son dependientes de un evento futuro. Un contrato especifica que el tipo de interés de un depósito es un importe fijo, por ejemplo el 12%, pero condicional a que en determinada fecha el precio de un determinado activo se sitúe por encima, o por debajo, de un determinado nivel (precio de ejercicio). Si el plazo del contrato es un año y el principal del depósito es 10.000 €, el inversor recibirá 1.200 € en concepto de intereses si se produce la contingencia favorable y 0 € si se produce la contingencia desfavorable.

3.3. Opciones rango

Una opción rango otorga al comprador el derecho a recibir un importe fijo pactado si el precio del activo subyacente está situado dentro de un rango (E_1, E_2) en el vencimiento. La liquidación de una opción rango se puede expresar mediante la función indicatriz.

$$L = W \times 1_{\{E_1 < S_T \leqslant E_2\}}$$

siendo W es el importe fijo pactado.

$$1_{\{E_1 < S_T \leqslant E_2\}} = \begin{cases} 1 & \text{si } E_1 < S_T \leqslant E_2 \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

La liquidación de una opción rango es igual a la diferencia de liquidación de dos opciones digitales.

$$L = W \times 1_{\{E_1 < S_T \leqslant E_2\}} = W \times 1_{E_1 < S_T\}} - W \times 1_{\{S_T \leqslant E_2\}}$$

EJEMPLO 2.14. Opción rango

Un contrato otorga al comprador el derecho a recibir 500.000 € si en el vencimiento, dentro de un año, el índice bursátil IBEX-35 está situado en el rango definido por los valores 14.500 y 14.800 puntos. El comprador del contrato abona al vendedor 19.520 €. En el vencimiento el IBEX-35 alcanza el valor 14.891 puntos. El vendedor no debe abonar nada al comprador.

3.4. Opciones barrera

Las opciones barrera más habituales se construyen sobre la función de pago de opciones estándar europeas añadiendo una nueva condición que consiste en la determinación de un nivel del precio del activo subyacente denominado barrera.

En las opciones barrera *knock-out* (o simplemente *out*), si el precio del activo subyacente cruza la barrera, el comprador de la opción pierde los derechos. Si el precio del activo subyacente no cruza la barrera, la opción se liquida como una opción estándar.

En las opciones barrera *knock-in* (o simplemente *in*), si el precio del activo subyacente no cruza la barrera, la opción no tiene derechos. Si el precio del activo subyacente cruza la barrera, la opción se liquida como una opción estándar.

Además, las opciones barrera se clasifican en *down* o *up*. En el caso *down* la barrera es inferior al precio inicial del activo subyacente. En el caso *up* la barrera es superior al precio inicial del activo subyacente.

Teniendo en cuenta que las opciones pueden ser de compra o de venta, *out* o *in*, *down* o *up*, se obtienen ocho tipos diferentes de opciones barrera: *call down and out*, *call down and in*, *put down and out*, *put down and in*, *call up and out*, *call up and in*, *put up and out*, *put up and in*. Pero, además, en el precio también influye la relación entre la barrera y el precio de ejercicio, es decir, $B \geqslant E$ o $B \leqslant E$, por lo que finalmente existen dieciséis modalidades de opciones barrera.

EJEMPLO 2.15. Opción barrera *call up and out*

Un contrato establece que el comprador tiene derecho a recibir la diferencia entre el precio de una acción y el precio de ejercicio si esta diferencia es positiva, y multiplicada por el nocional del contrato, pero siempre que el precio de la acción no sea igual a superior al 115% del precio inicial de la acción durante la vida del contrato. El plazo del contrato es un año. El nocional son 2.500 acciones, el precio inicial de la acción es 25 euros y el precio de ejercicio también es 25 €. La barrera es $B = 1{,}15 \times 25 = 28{,}75$ €. El comprador abona en el inicio 412 € en concepto de prima, y en el vencimiento el precio de la acción es 29 €.

El contrato responde a las especificaciones de una opción barrera de compra *up*, puesto que el nivel de la barrera es superior al precio inicial de la acción y de tipo *out*, dado que si el precio de la acción iguala o supera el nivel de la barrera a lo largo de la vida del contrato el comprador de la opción pierde los derechos. Como es evidente que ha cruzado la barrera, el vendedor no debe pagar nada al comprador.

EJEMPLO 2.16. Opción barrera *put down and in*

Un contrato establece que el comprador tiene derecho a recibir la depreciación de una acción, respecto al precio de ejercicio, en valor absoluto, multiplicada por el nocional del contrato expresado mediante un determinado número de acciones, pero siempre que el precio de la acción sea igual o inferior, durante algún momento de la vida del contrato, al 80% del precio inicial de la acción.

El contrato responde a las especificaciones de una opción barrera de venta *down*, puesto que el nivel de la barrera es inferior al precio inicial de la acción y de tipo *in*, dado que si el precio de la acción no iguala o supera el nivel de la barrera a lo largo de la vida del contrato el comprador de la opción pierde los derechos. El nocional son 3.000 acciones, el precio inicial de la acción es 30 €, el precio de ejercicio es 31 €, el nivel de la barrera es $B = 0{,}8 \times 30 = 24{,}00$ € y el plazo es un año. El comprador abona al vendedor 4.314,71 € en concepto de prima. En el vencimiento el precio de la opción es $S_T = 24{,}85$ € y durante varios días el precio de la acción bajó de los 24 €. Con un solo día ya se cumple la condición de cruzar la barrera y, dado que la acción se ha depreciado, el vendedor debe abonar al comprador el siguiente importe:

$$L = 3.000 \times \text{máx}\,(31 - 24{,}85;\ 0) = 18.450 \text{ €}$$

3.5. Opciones asiáticas

Una opción asiática es una opción cuya función de pagos depende de la media de los precios de un activo subyacente. Las opciones asiáticas ofrecen cierta seguridad frente a comportamientos erráticos de los precios, quizás poco probables como una variación brusca en el vencimiento, pero que en el caso de producirse pueden tener consecuencias importantes. Por ejemplo, una opción de compra que teniendo una revalorización importante la perdiese al llegar al vencimiento porque el precio del activo subyacente sufriese una reducción muy grande. En el caso de empresas que comercian con el exterior y reciben flujos de bienes o liquidaciones periódicas a lo largo de un tiempo determinado, puede resultar de interés cubrir el riesgo de cambio en términos medios, respecto al período considerado. La opción adecuada para estas coberturas es de tipo asiático.

Desde un punto de vista matemático la media se puede calcular de diversas formas. La media aritmética es la más frecuente, pero también puede ser geométrica debido fundamentalmente a la facilidad de la obtención del precio de la opción.

Sean $S(t_1)$, $S(t_2)$, ..., $S(t_N)$ los precios de un activo en las fechas t_1, t_2, ..., t_N.

La media aritmética es:

$$\bar{A} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} S(t_i)$$

y la media geométrica es:

$$\bar{G} = [S(t_1)S(t_2), \ldots, S(t_N)]^{1/N}$$

A continuación se describen diferentes tipos de opciones asiáticas.

3.5.1. Opción asiática sobre media geométrica de precios

La liquidación de la opción depende de la relación entre el valor de la media geométrica de los precios y el precio de ejercicio pactado. Para los tipos *call* y *put* la función de pago en el vencimiento está definida mediante las siguientes expresiones:

La función de pago de la opción en el vencimiento T se define para la modalidad *call* como:

$$CG_T = \text{máx}\,(\bar{G} - E,\ 0)$$

siendo:

CG_T: Precio de la opción.

E: Precio de ejercicio.

En el vencimiento la función de pago de la opción *put* es

$$PG_T = \text{máx}\,(E - \bar{G}, 0)$$

siendo:

PG_T: Precio de la opción.

E: Precio de ejercicio.

3.5.2. Opciones asiáticas sobre media geométrica de precios de ejercicio

Otra aproximación diferente y en cierta medida complementaria de las opciones anteriores es calcular la media, en este caso geométrica, de los precios durante un intervalo de tiempo prefijado y definir el precio de ejercicio igual a esa media.

Call: En el vencimiento de la opción la función de pagos es:

$$CG_T = \text{máx}\,(S_T - \bar{G}, 0)$$

Put: En el vencimiento de la opción la función de pagos es:

$$PG_T = \text{máx}\,(\bar{G} - S_T, 0)$$

S_T: Es, siguiendo la notación habitual, el precio del activo subyacente en el vencimiento.

$\bar{G}$: Es la media geométrica de los precios del activo subyacente.

3.5.3. Opciones asiáticas sobre media aritmética de precios

Este tipo de opción asiática es la más frecuente en las aplicaciones. Presenta la dificultad de que no existe una expresión analítica que nos proporcione el precio como una combinación finita de funciones elementales[4]. Debido a esto se ha recurrido a métodos de simulación de Monte Carlo para la valoración de este tipo de opciones.

Call: La función de pagos al vencimiento es:

$$CA_T = \text{máx}\,(\bar{A} - E, 0)$$

C_T: Es el precio de la opción en el vencimiento, es decir, la liquidación.

$\bar{A}$: Es la media aritmética.

E: Es el precio de ejercicio.

[4] La media aritmética de los precios es, por hipótesis, una suma de variables aleatorias lognormales que no es una variable lognormal.

Put: La función de pagos en el vencimiento es:

$$PA_T = \text{máx}\,(E - \bar{A},\ 0)$$

P_T: Es el precio de la opción en el vencimiento, es decir, la liquidación.
$\bar{A}$: Es la media aritmética.
E: Es el precio de ejercicio.

3.5.4. Opciones asiáticas sobre media aritmética de precios de ejercicio

Call: La función de pagos al vencimiento es:

$$C_T = \text{máx}\,(S_T - \bar{A},\ 0)$$

C_T: Es el precio de la opción en el vencimiento, es decir, la liquidación.
$\bar{A}$: Es la media aritmética que es el precio de ejercicio.
S_T: Es el precio del activo subyacente en el vencimiento.

Put: La función de pagos en el vencimiento es:

$$P_T = \text{máx}\,(\bar{A} - S_T,\ 0)$$

P_T: Es el precio de la opción en el vencimiento, es decir, la liquidación.
$\bar{A}$: Es la media aritmética que es el precio de ejercicio.
S_T: Es el precio del activo subyacente en el vencimiento.

EJEMPLO 2.17. Liquidación de opción asiática

Un contrato otorga al comprador el derecho a recibir del vendedor la diferencia entre la media aritmética del precio de una acción el 15 de cada mes durante un año y el precio de ejercicio $E = 38$ €, si esta diferencia es positiva y multiplicada por el nocional del contrato, $N = 4.000$ acciones. El comprador abona al vendedor 6.314 € en concepto de prima. Los precios de las acciones están recogidos en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3

15/03/0X	38,52	15/09/0X	41,51
15/04/0X	39,08	15/10/0X	42,03
15/05/0X	39,64	15/11/0X	42,49
15/06/0X	40,11	15/12/0X	43,03
15/07/0X	40,57	15/01/0X	43,47
15/08/0X	41,00	15/02/0X	44,01

La media aritmética de los precios es:

$$\bar{A} = \frac{38{,}52 + 39{,}08 + \cdots + 44{,}01}{12} = 41{,}29$$

El vendedor abona al comprador

$$L = 4.000 \times \text{máx}\,(41{,}29 - 38;\, 0) = 13.160\ €$$

3.6. Opciones cuanto

Las operaciones con derivados sobre activos nominados en otra divisa siempre llevan implícito el riesgo de tipo de cambio. Las opciones «cuanto» están diseñadas para afrontar esos riesgos. También se conocen por el nombre de *opciones con tipo de cambio garantizado*. Las opciones cuanto se encuentran entre las más populares no solo en mercados OTC, sino también en mercados organizados.

La opción cuanto de compra se liquida mediante la fórmula:

$$L = N \times e_p \times \text{máx}\,(S_T^* - E^*,\, 0)$$

para la opción de compra y

$$L = N \times e_p \times \text{máx}\,(E^* - S_T^*,\, 0)$$

para la opción de venta.

N: Nocional del contrato.

e_p: Tipo de cambio predeterminado, establecido en el contrato, expresado en un número de unidades de la divisa X por una unidad de la divisa Y.

S_T^*: Precio del activo subyacente expresado en unidades de la divisa Y.

E^*: Precio de ejercicio expresado en unidades de la divisa Y.

EJEMPLO 2.18. Liquidación de opción cuanto

A compra a B una opción cuanto de compra, que vence dentro de nueve meses, con un nocional de 3.500 acciones y precio de ejercicio $E^* = 25$ \$ por acción y un tipo de cambio predeterminado $e_p = 0{,}80$ €/\$. A paga a B en concepto de prima 5.212 €. En el vencimiento el precio de la acción es $S_T^* = 28$ \$ y el vendedor B abona al comprador A el siguiente importe:

$$L = 3.500 \times 0{,}80\ €/\$ \times \text{máx}\,(28\ \$ - 25\ \$,\, 0) = 8.400\ €$$

3.7. Opciones con subyacente y precio de ejercicio en divisas diferentes

Son opciones en las que el precio de ejercicio se establece en una divisa X y el precio del activo subyacente está nominado en otra divisa Y. La liquidación de la *call* y la *put* se realizan con las fórmulas siguientes:

$$C_T = N \times \text{máx}\,(e_T \times S_T^* - E,\ 0) \qquad P_T = N \times \text{máx}\,(E - e_T \times S_T^*,\ 0)$$

N: Nocional.

e_T: Tipo de cambio en la fecha de vencimiento en unidades de la divisa X por una unidad de la divisa Y.

S_T^*: Precio del activo subyacente en el vencimiento en unidades de la divisa Y.

E^*: Precio de ejercicio en unidades de la divisa X.

EJEMPLO 2.19. Liquidación de una opción de venta con subyacente y precio de ejercicio en divisas diferentes

A compra a B una opción de compra cuyo precio de ejercicio es $E = 20$ € sobre una acción nominada en libras esterlinas. El nocional es $N = 20.000$ acciones y el vencimiento dentro de 180 días. A paga a B 29.632 € en concepto de prima. En el vencimiento el precio de la acción es $S_T^* = 40$ libras esterlinas y el tipo de cambio queda establecido en €/£, por lo que B abona al comprador A la siguiente liquidación:

$$L = 20.000 \times \text{máx}\,(0{,}67 \times 40 - 20{,}0) = 136.000\ €$$

3.8. Opciones *lookback*

3.8.1. Máximos y mínimos

Las opciones *lookback* tienen la propiedad de que la función de pago depende del valor máximo o mínimo alcanzado por el precio del activo subyacente durante la vida de la opción. En el Gráfico 2.1, T_0 es la fecha de inicio del contrato, 0 es la fecha actual y T es la fecha de vencimiento del contrato. Definimos los siguientes máximos y mínimos:

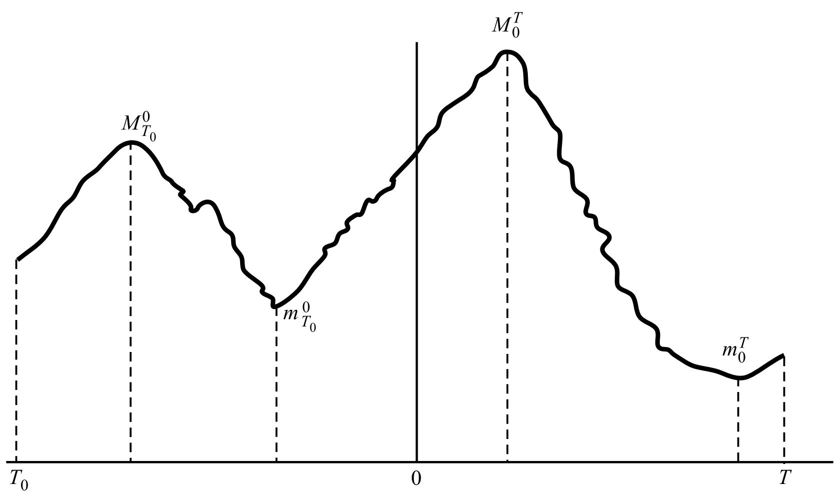


Gráfico 2.1.

$$M_{T_0}^0 = \text{máx}\,(S_t/t \in [T_0, 0]) \qquad m_{T_0}^0 = \text{mín}\,(S_t/t \in [T_0, 0])$$

$M_{T_0}^0$ y $m_{T_0}^0$ son, respectivamente, el máximo y el mínimo del precio del activo subyacente en el intervalo temporal $[T_0, 0]$.

$$M_0^T = \text{máx}\,(S_t/t \in [0, T]) \qquad m_0^T = \text{mín}\,(S_t/t \in [0, T])$$

M_0^T y m_0^T son, respectivamente, el máximo y el mínimo del precio del activo subyacente en el intervalo temporal $[0, T]$.

$$M_{T_0}^T = \text{máx}\,(M_{T_0}^0, M_0^T) \qquad m_{T_0}^T = \text{mín}\,(m_{T_0}^0, m_0^T)$$

$M_{T_0}^T$ y $m_{T_0}^T$ son, respectivamente, el máximo y el mínimo del precio del activo subyacente en el intervalo temporal $[T_0, T]$.

3.8.2. Opciones *lookback* estándar

Call: En la fecha del vencimiento la función de pagos es la diferencia entre el precio del activo subyacente y el mínimo $m_{T_0}^T$: $C_T = S_T - m_{T_0}^T$.

La liquidación puede ser cero si $S_T = m_{T_0}^T$.

Put: En la fecha del vencimiento la función de pagos es la diferencia entre el máximo $M_{T_0}^T$ y el precio del activo subyacente $P_T = M_{T_0}^T - S_T$.

La liquidación puede ser cero si $S_T = M_{T_0}^T$.

3.8.3. Opciones *lookback* sobre extremos

CAPÍTULO 2

En este caso se define un precio de ejercicio E y las funciones de pago de las opciones *lookback* sobre extremos, *call* y *put*, respectivamente, son:

$$C_T = \text{máx}\,(M_{T_0}^T - E, 0) \qquad P_T = \text{máx}\,(E - m_{T_0}^T, 0)$$

3.8.4. Opciones *lookback* con riesgo limitado

Las funciones de pago de las opciones *call* y *put* son, respectivamente:

$$C_T = \text{máx}\,(S_T - E, 0) \times 1_{\{M_{T_0}^T \leqslant m\}} \qquad C_T = \text{máx}\,(E - S_T, 0) \times 1_{\{m_{T_0}^T \geqslant n\}}$$

La opción de compra se liquida como una opción de compra estándar pero sometida a la restricción de que el valor máximo del precio de la acción no supera un nivel prefijado m. La opción de venta se liquida como una opción de venta estándar pero sometida a la restricción de que el valor mínimo no sea inferior a un nivel prefijado n.

3.8.5. Opciones parcialmente *lookback*

Las funciones de pago de las opciones *call* y *put*, parcialmente *lookback*, se definen respectivamente mediante:

$$C_T = \text{máx}\,(S_T - \lambda m_{T_0}^T, 0) \quad \lambda > 1 \qquad P_T = \text{máx}\,(\lambda M_{T_0}^T - S_T, 0) \quad 0 < \lambda < 1$$

De este modo las liquidaciones serán siempre inferiores a las de las opciones *lookback* estándar.

EJEMPLO 2.20. Opción *lookback* estándar

Un contrato otorga al comprador el derecho a recibir del vendedor la diferencia entre el precio de una determinada acción en el vencimiento del contrato y el valor mínimo que alcance el precio de la acción durante la vida del contrato. El nocional del contrato es $N = 4.000$ acciones. El comprador abona 20.089 € al vendedor en concepto de prima. En el vencimiento el precio de la acción es $S_T = 32$ € y el valor mínimo alcanzado por el precio de la acción es $m_{T_0}^T = 28$ €. El vendedor abona al comprador el importe de:

$$L = 4.000 \times (32 - 28) = 16.000 \text{ €}$$

EJEMPLO 2.21. Opción *lookback* sobre extremos

Un contrato otorga al comprador el derecho a recibir la diferencia entre el precio de ejercicio $E = 42$ € y el valor mínimo del precio de la acción durante la vida del contrato y siempre que esa diferencia sea positiva. El nocional es $N = 8.000$ acciones. El comprador abona 62.258 € en concepto de prima. En el vencimiento se calcula el mínimo del precio de la acción durante la vida del contrato $m_{T_0}^T = 36$, por lo que el vendedor paga al comprador:

$$L = 8.000 \times \text{máx}\,(42 - 36{,}0) = 48.000 \text{ €}$$

EJEMPLO 2.22. Opción *lookback* con riesgo limitado

Un contrato establece que el comprador tiene el derecho a recibir la diferencia entre el precio del activo subyacente (una acción) y el precio de ejercicio, $E = 25$ €, siempre que esta diferencia sea positiva y además siempre que el máximo de los precios de la acción durante la vida del contrato no supere el valor $m = 32$ €. El nocional del contrato es $N = 3.500$ acciones. El comprador abona al vendedor 10.234 € en concepto de prima. En el vencimiento el precio del activo subyacente es $S_T = 30$ €, pero el máximo alcanzado por el precio de la opción es $M_{T_0}^T = 32{,}8$ €, por lo que el vendedor no debe abonar nada al comprador.

EJEMPLO 2.23. Opción parcialmente *lookback*

Un contrato otorga al comprador el derecho a recibir del vendedor la diferencia entre 0,9 veces el máximo alcanzado por el precio de la acción en la vida del contrato y el precio de la acción siempre que esa diferencia sea positiva. El nominal del contrato es $N = 4.500$ acciones. El comprador abona 12.000 € al comprador en concepto de prima. En el vencimiento $S_T = 25$ € y el máximo alcanzado por el precio de la acción es $M_{T_0}^T = 32$ €. El vendedor abona al comprador:

$$L = 4.500 \times \text{máx}\,(0{,}9 \times 32 - 25{,}0) = 4.500 \times \text{máx}\,(28{,}8 - 25{,}0) = 17.100 \text{ €}$$

3.9. Opciones escalera

Las opciones escalera son un tipo especial de opciones de trayectoria dependiente, cuya liquidación al vencimiento es ajustada automáticamente, según que el precio del activo subyacente alcance determinados niveles.

Por ejemplo, en el caso de una *call* que tiene establecido un número determinado de niveles, la liquidación al vencimiento asegura, al menos, la diferencia entre el nivel alcanzado y el precio de ejercicio inicial.

Si tenemos un precio de ejercicio $E = 100$ y tres niveles $L_1 = 105$, $L_2 = 110$, $L_3 = 115$ y en algún momento de la vida de la opción el precio del activo subyacente es superior a 115, la liquidación al vencimiento será, como mínimo, $115 - 100 = 15$.

Las opciones escalera pueden ajustarse a diversos factores, como la altura de los escalones, la distancia entre cada escalón, que puede ser diferente, y el número de escalones.

3.9.1. Opción escalera con un escalón

El diseño de una opción escalera con un precio de ejercicio E y nivel L se obtiene con la siguiente cartera:

1. Compra de una opción europea *call* con precio de ejercicio E.
2. Venta de una opción *put* europea con precio de ejercicio E.
3. Compra de una opción barrera *put up and out* con precio de ejercicio E y barrera L.
4. Compra de una opción europea *put* con precio de ejercicio L.
5. Venta de una opción barrera *put up and out* con precio de ejercicio L y barrera L.

Tenemos las siguientes posibles trayectorias como puede observarse en el Gráfico 2.2.

Trayectoria A: Cruza la barrera y en el vencimiento el precio del subyacente es superior a la barrera $S_T > L$.

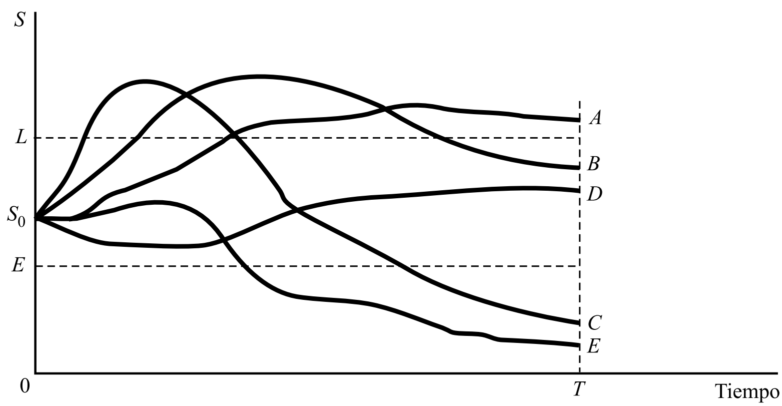


Gráfico 2.2.

Trayectoria B: Cruza la barrera y en el vencimiento el precio del subyacente está situado entre E y L: $E < S_T < L$.

Trayectoria C: Cruza la barrera y en el vencimiento el precio del subyacente es inferior a E: $S_T < E$.

Trayectoria D: No cruza la barrera y en el vencimiento el precio del subyacente es superior a E: $E < S_T < L$.

Trayectoria E: No cruza la barrera y en el vencimiento el precio del subyacente es inferior a E: $S_T < E$.

La liquidación en el vencimiento según las diferentes trayectorias citadas es (Tabla 2.4):

Tabla 2.4

Opción	A	B	C	D	E
1	$S_T - E$	$S_T - E$	0	$S_T - E$	0
2	0	0	$-(E - S_T)$	0	$-(E - S_T)$
3	0	0	0	0	$E - S_T$
4	0	$L - S_T$	$L - S_T$	$L - S_T$	$L - S_T$
5	0	0	0	$-(L - S_T)$	$-(L - S_T)$
Suma $= C_T$	$S_T - E$	$L - E$	$L - E$	$S_T - E$	0

La función de pago coincide con la definida para la opción escalera con un escalón.

3.9.2. Opción *call* escalera con precio de ejercicio flotante

Se fijan varios niveles por debajo del precio de ejercicio. Si el precio del activo subyacente cruza un determinado nivel B_i, en el vencimiento la liquidación se realiza respecto al precio de ejercicio B_i:

$$C_T = \text{máx}\,(S_T - E, S_T - B_i, 0)$$

Por ejemplo, con dos niveles B_1 y B_2, tal que:

$$E > B_1 > B_2$$

El diseño de la opción se consigue mediante la cartera siguiente:

1. Compra de una opción *call down and out* con precio de ejercicio E y barrera B_1.
2. Compra de una opción *call down and in* con precio de ejercicio B_1 y barrera B_1.
3. Venta de una opción *call down and in* con precio de ejercicio B_1 y barrera B_2.
4. Compra de una opción *call down and in* con precio de ejercicio B_2 y barrera B_2.

Las liquidaciones respecto a las trayectorias posibles se reflejan en los Gráficos 2.3 y 2.4 y la Tabla 2.5.

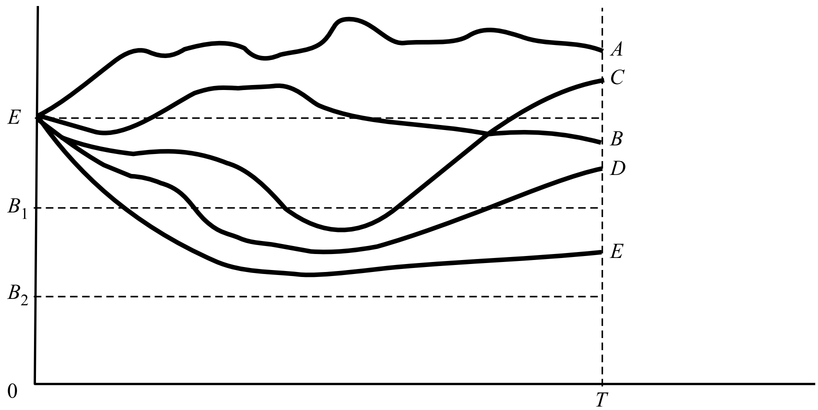


Gráfico 2.3.

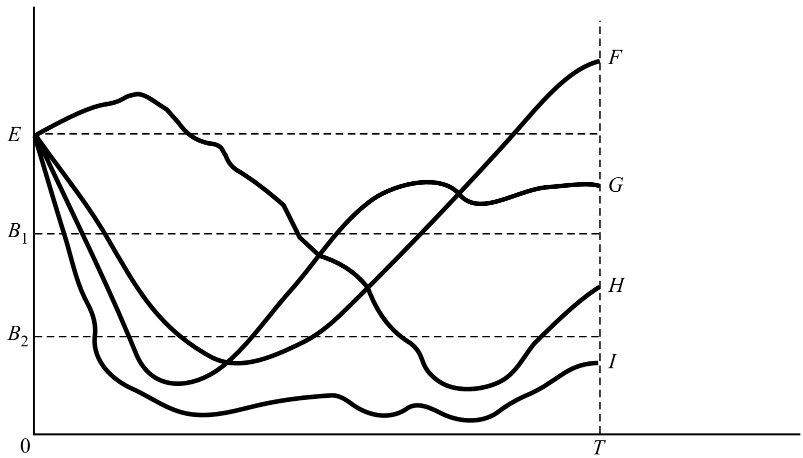


Gráfico 2.4.

Tabla 2.5

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	$S_T - E$	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	$S_T - B_1$	$S_T - B_1$	0	$S_T - B_1$	$S_T - B_1$	0	0
3	0	0	0	0	0	$-(S_T - B_1)$	$-(S_T - B_1)$	0	0
4	0	0	0	0	0	$S_T - B_2$	$S_T - B_2$	$S_T - B_2$	0
C_T	$S_T - E$	0	$S_T - B_1$	$S_T - B_1$	0	$S_T - B_2$	$S_T - B_2$	$S_T - B_2$	0

La función de pago coincide con la definida para la opción escalera precio de ejercicio flotante.

3.9.3. Opción *call* escalera con precio de ejercicio fijo

Se fijan varios niveles por encima del precio de ejercicio. Si el precio del activo subyacente cruza un determinado nivel B_i, en el vencimiento el comprador tiene derecho, al menos, a la diferencia $B_i - E$.

$$C_T = \text{máx}\,(S_T - E,\, B_i - E,\, 0)$$

Sea $E < B_1 < B_2$; la cartera de opciones es:

1. Compra de una opción *call* europea con precio de ejercicio E.
2. Venta de una opción *put up and in* con precio de ejercicio E y barrera B_1.
3. Compra de una opción *put up and in* con precio de ejercicio B_1 y barrera B_1.
4. Venta de una opción *put up and in* con precio de ejercicio B_1 y barrera B_2.
5. Compra de una opción *put up and in* con precio de ejercicio B_2 y barrera B_2.

En los Gráficos 2.5 y 2.6 y en la Tabla 2.6 se presentan las liquidaciones según las diferentes trayectorias posibles.

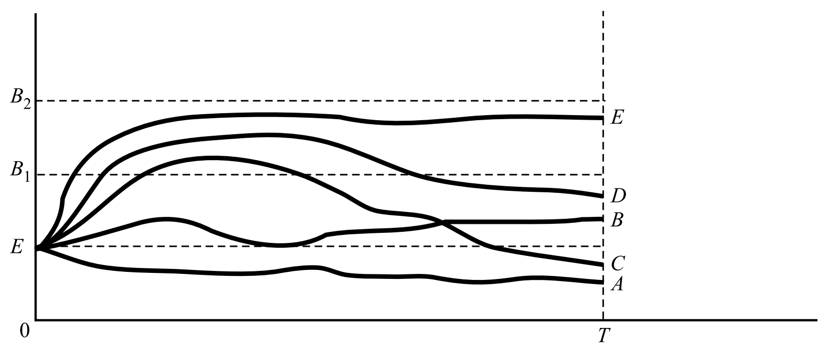


Gráfico 2.5.

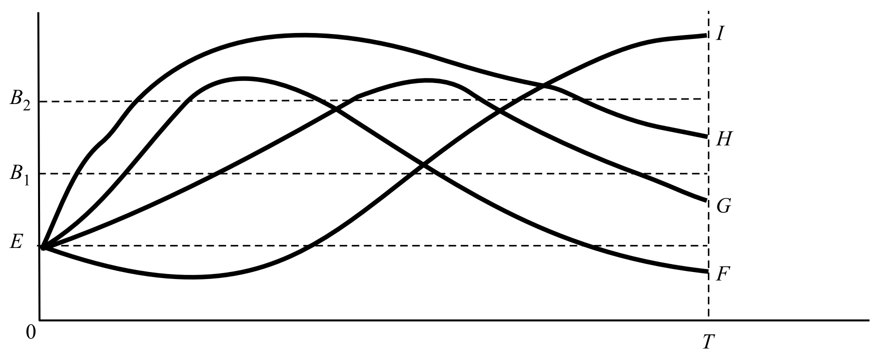


Gráfico 2.6.

Tabla 2.6

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	0	$S_T - E$	0	$S_T - E$	$S_T - E$	0	$S_T - E$	$S_T - E$	$S_T - E$
2	0	0	$-(E - S_T)$	0	0	$-(E - S_T)$	0	0	0
3	0	0	$B_1 - S_T$	$B_1 - S_T$	0	$B_1 - S_T$	$B_1 - S_T$	0	0
4	0	0	0	0	0	$-(B_1 - S_T)$	$-(B_1 - S_T)$	0	0
5	0	0	0	0	0	$B_2 - S_T$	$B_2 - S_T$	$B_2 - S_T$	0
Suma = C_T	0	$S_T - E$	$B_1 - E$	$B_1 - E$	$S_T - E$	$B_2 - E$	$B_2 - E$	$B_2 - E$	$S_T - E$

EJEMPLO 2.24. Opción escalera con precio de ejercicio fijo

Un contrato otorga al comprador el derecho a recibir la mayor de las siguientes cantidades siempre que sean positivas:

i) La diferencia entre el precio de una determinada acción en el vencimiento y el precio de ejercicio $E = 22$ €.

ii) La diferencia entre la barrera $B_1 = 24$ € y el precio de ejercicio $E = 22$ €.

iii) La diferencia entre la barrera $B_1 = 26$ € y el precio de ejercicio $E = 22$ €.

El nocional del contrato es $N = 7.000$ acciones. El comprador abona al vendedor 18.480 € en concepto de prima. En el vencimiento el precio de la acción es $S_T = 21{,}9$ € y el precio de la acción superó la barrera B_1 pero no la segunda barrera B_2. El vendedor paga al comprador:

$$L = 7.000 \times \text{máx}\,(21{,}9 - 22{,}24 - 22{,}0) = 14.000 \text{ €}$$

3.10. Opciones con pago diferido

Se trata de una opción *call* o *put* estándar con la particularidad de que no se paga la prima en la fecha de emisión. En el vencimiento, si la opción está dentro de dinero, es decir, el comprador tiene derecho a recibir del vendedor el importe de la liquidación, entonces el comprador abona la prima pactada. Si la opción no está en dinero, la prima no se paga.

Las funciones de pago de las opciones *call* y *put* son, respectivamente:

$$\textit{Call}: \quad C_T = \text{máx}\,(S_T - E, 0) - C_0 \times 1_{\{S_T > E\}}$$

$$\textit{Put}: \quad P_T = \text{máx}\,(E - S_T, 0) - P_0 \times 1_{\{S_T < E\}}$$

C_0 y P_0 son los valores de la prima diferida para las opciones *call* y *put*, respectivamente, y se determinan al inicio al negociar el contrato.

EJEMPLO 2.25. Opción con prima diferida

Un contrato otorga al comprador el derecho a recibir la diferencia entre el precio de ejercicio $E = 30$ € y el precio de una acción determinada, siempre que la diferencia sea positiva. La prima de la opción se evalúa por el comprador y el vendedor en 16.534 € considerando un importe nocional $N = 8.000$ acciones. El pago de la prima se difiere al vencimiento, de tal modo que si el comprador no tiene derecho a recibir del vendedor ningún importe en la liquidación de la opción no paga la prima. En el vencimiento el precio de la acción es $S_T = 26$ €. La liquidación que el vendedor abona al comprador es:

$$L = 8.000 \times \text{máx}\,(30 - 26) - 16.534 = 32.000 - 16.534 = 15.466 \text{ €}$$

3.11. Opciones *forward start*

En una opción *forward start* el precio de la opción es pagado en la fecha actual, pero el precio de ejercicio se determina en una fecha futura t. El precio de ejercicio y el precio del activo subyacente verifican la ecuación $E = k \times S_t$, donde k un valor determinado al inicio de la negociación del contrato y S_t es el precio del activo subyacente en la fecha de determinación del precio de ejercicio.

EJEMPLO 2.26. Opción *forward start*

Un contrato otorga al comprador el derecho a recibir, dentro de nueve meses, la diferencia entre el precio del activo subyacente en el vencimiento y el precio de ejercicio, si esta diferencia es positiva. El nocional del contrato es $N = 20.000$ acciones. El precio de ejercicio se determina dentro de tres meses desde el inicio del contrato mediante la fórmula $E = 1{,}05 \times S_t$. El comprador abona al vendedor 35.908 € en concepto de prima. Transcurridos tres meses el precio de la acción es $S_t = 41{,}5$ € y el precio de ejercicio queda fijado en $E = 43{,}58$ €. En el vencimiento el precio de la acción es $S_T = 50{,}72$ €. El vendedor de la opción abona al comprador:

$$L = 20.000 \times \text{máx}\,(50{,}72 - 43{,}58;\ 0) = 142.800 \text{ €}$$

3.12. Opciones sobre opciones

Son opciones que tienen como activo subyacente otra opción. Existen, por lo tanto, cuatro posibilidades:

i) *Call* sobre *call* $C_T = \text{máx}\,(CS_T - E,\ 0)$;
CS_T precio de la opción *call* subyacente.

ii) *Put* sobre *call* $P_T = \text{máx}\,(E - CS_T,\ 0)$;
CS_T precio de la opción *call* subyacente.

iii) *Call* sobre *put* $C_T = \text{máx}\,(PS_T - E,\ 0)$;
PS_T precio de la opción *put* subyacente.

iv) *Put* sobre *put* $P_T = \text{máx}\,(E - PS_T, 0)$;
PS_T precio de la opción *put* subyacente.

Existen dos precios de ejercicio y dos fechas de ejercicio. Por ejemplo, una *call* sobre una *call*. En la primera fecha de ejercicio T_1 el comprador paga el primer precio de ejercicio E_1 y recibe una opción *call*. Este activo le da el derecho a comprar el activo subyacente a un precio E_2 en la fecha T_2. Como en cualquier otra opción de compra, el comprador ejercitará en T_1 si el precio de la opción subyacente es mayor que el precio de ejercicio E_1. También puede liquidarse en efectivo.

EJEMPLO 2.27. Opción de compra sobre opción de venta (*call* sobre *put*)

Un contrato otorga al comprador el derecho a recibir en el vencimiento, dentro de tres meses, la diferencia entre el precio de una opción de venta, negociada en un mercado organizado, sobre un determinado activo subyacente, y el precio de ejercicio fijado en $E = 2{,}50$ €. El nocional es $N = 15.000$ opciones de venta. El comprador abona 6.317 € al vendedor en concepto de prima. En el vencimiento el precio de la opción de venta subyacente es $P_T = 3{,}58$ €. El vendedor abona al comprador el siguiente importe:

$$L = 150.000 \times \text{máx}\,(3{,}58 - 2{,}5;\, 0) = 156.000 \text{ €}$$

3.13. Opciones a elegir

CAPÍTULO 2

En las opciones a elegir el comprador tiene el derecho de elegir en una fecha futura, antes del vencimiento del contrato, si la opción comprada es *call* o *put*. En el inicio se fija el precio de ejercicio.

EJEMPLO 2.28. Opciones a elegir

A compra a B una opción, que vence dentro de dos meses, con la condición de poder elegir entre *call* o *put* dentro de un mes. El precio de ejercicio es $E = 22$ € y el nocional es $N = 22.000$ acciones. Transcurrido el mes el comprador elige *put*. El comprador abona 29.234 € al vendedor en concepto de prima. En el vencimiento el precio de la acción es $E = 23{,}62$ €, en cuyo caso el vendedor no debe pagar nada al comprador.

3.14. Opciones sobre máximos y mínimos

Existen opciones que se definen sobre varios subyacentes, acciones, índices, divisas o cualquier otro activo, y cuya función de pago en el vencimiento depende de la relación entre los precios de dichos activos. Por ejemplo, un bono cupón cero con un tipo de interés implícito determinado pero que en el vencimiento el comprador del bono puede elegir la divisa con la que recibe el importe del bono. Este derecho del comprador del bono es una opción que depende del tipo de cambio. Otro caso es un fondo de inversión garantizado que tiene vinculado el rendimiento en el vencimiento a la mejor rentabilidad conseguida por un índice entre una cesta de varios (dos o más). La posible existencia de una relación de correlación entre los rendimientos de los activos es una pieza clave en la valoración de estos instrumentos financieros.

3.14.1. Opción de compra sobre lo mejor de dos activos y liquidez

El propietario de esta opción tiene el derecho a recibir en el vencimiento

$$C_T = \text{máx}\,(S_{1T},\, S_{2T},\, E)$$

siendo:

S_{1T}: Precio del activo 1 en el vencimiento T.

S_{2T}: Precio del activo 2 en el vencimiento T.

E: Importe de la liquidez que está fijada en la fecha de realización del contrato.

3.14.2. Opción sobre el máximo de dos activos

En este caso vamos a suponer que se trata de la opción anterior pero existe un precio de ejercicio cuyo importe es E. La función de pagos en el vencimiento es:

$$C_T = \text{máx}\,(S_{1T},\, S_{2T},\, E) - E = \text{máx}\,[0,\, \text{máx}\,(S_{1T},\, S_{2T}) - E]$$

3.14.3. Opción de compra sobre el mejor de dos activos

Una opción de compra sobre el mejor de dos activos es un caso especial de la opción de compra sobre lo mejor de dos activos y liquidez. Hacemos $E = 0$:

$$C_T = \text{máx}\,(S_{1T},\, S_{2T},\, 0)$$

3.14.4. Opción de venta sobre el máximo de dos activos

La función de pago es:

$$C_T = \text{máx}\,[0,\, E - \text{máx}\,(S_{1T},\, S_{2T})]$$

3.14.5. Opción de compra sobre el mínimo de dos activos

Esta opción tiene la siguiente función de pago:

$$C_T = \text{máx}\,[0,\, \text{mín}\,(S_{1T},\, S_{2T}) - E]$$

3.14.6. Opción de compra sobre el peor de dos activos

Es una opción de compra que se define mediante la siguiente función de pago:

$$C_T = \text{máx}\,[0,\, \text{mín}\,(S_{1T},\, S_{2T}) - 0] = \text{mín}\,(S_{1T},\, S_{2T})$$

Luego es un caso particular de la opción estudiada en el apartado anterior cuando $E = 0$.

3.14.7. Opción de venta sobre el mínimo de dos activos

La función de pago es:

$$P_T = \text{máx}\,[0,\ E - \text{mín}\,(S_{1T},\ S_{2T})]$$

EJEMPLO 2.29. Opciones sobre máximos y mínimos

En este ejemplo vamos a mostrar los diferentes valores de las liquidaciones según el tipo de opción. Suponemos que en el vencimiento se verifica:

$$S_{1T} = 48.000\ € \qquad S_{2T} = 44.000\ € \qquad \text{y } E \text{ está dado} \qquad E = 40.000\ €$$

i) Opción de compra sobre lo mejor de dos activos y liquidez

$$C_T = \text{máx}\,(S_{1T},\ S_{2T},\ E) = \text{máx}\,(48.000,\ 44.000,\ 40.000) = 48.000$$

ii) Opción sobre el máximo de dos activos

$$C_T = \text{máx}\,[0,\ \text{máx}\,(S_{1T},\ S_{2T}) - E] = \\ = \text{máx}\,(0,\ \text{máx}\,(48.000,\ 44.000) - 40.000) = 8.000$$

iii) Opción de compra sobre el mejor de dos activos

$$C_T = \text{máx}\,(S_{1T},\ S_{2T},\ 0) = \text{máx}\,(48.000,\ 44.000,\ 0) = 48.000$$

iv) Opción de venta sobre el máximo de dos activos

$$C_T = \text{máx}\,[0,\ E - \text{máx}\,(S_{1T},\ S_{2T})] = \\ = \text{máx}\,(0,\ 40.000 - \text{máx}\,(48.000,\ 44.000)) = 0$$

v) Opción de compra sobre el mínimo de dos activos

$$C_T = \text{máx}\,[0,\ \text{mín}\,(S_{1T},\ S_{2T}) - E] = \\ = \text{máx}\,(0,\ \text{mín}\,(48.000,\ 44.000) - 40.000) = 4.000$$

vi) Opción de compra sobre el peor de dos activos

$$C_T = \text{mín}\,(S_{1T},\ S_{2T}) = \text{mín}\,(48.000,\ 44.000) = 44.000$$

vii) Opción de venta sobre el mínimo de dos activos

$$P_T = \text{máx}\,[0,\ E - \text{mín}\,(S_{1T},\ S_{2T})] = \\ = \text{máx}\,(0,\ 40.000 - \text{mín}\,(48.000,\ 44.000)) = 0$$

3.15. *Cap* y *floors*

Los *cap* y *floor* son opciones sobre tipos de interés. Se utilizan para cubrir el riesgo de los movimientos en los tipos de interés a corto plazo durante un largo período de tiempo. Los *cap* protegen contra las subidas en los tipos a corto y los *floor* contra las bajadas. En ocasiones se interpretan estos contratos como una colección de pequeñas opciones (*caplets* y *floorlets*).

i) *Caplet*: Es un contrato opcional sobre un tipo de interés que establece la siguiente liquidación para el comprador:

$$L = \frac{Nh}{1 + R_T h} \text{máx}\,(R_T - R_C, 0)$$

N: Nocional del contrato.

R_C: Tipo de interés, pactado en el contrato, de una determinada referencia, como, por ejemplo, LIBOR Dólar US a tres meses de plazo o EURIBOR de seis meses de plazo.

R_T: Tipo de interés de la referencia pactada en la fecha T de vencimiento del contrato.

h: Plazo de la referencia pactada.

EJEMPLO 2.30. Liquidación del contrato *caplet*

Sobre un nocional de $N = 1.000.000$ de € y con vencimiento dentro de $T = 25$ días, se negocia el tipo de interés $R_C = 4{,}60\%$, para el plazo $h = 90$ días. El comprador abona al vendedor 637 € en concepto de prima. Pasan los 25 días y el tipo de interés a 90 días cotiza $R_T = 4{,}85\%$. El vendedor del contrato paga al comprador:

$$L = \frac{1.000.000}{1 + 4{,}85\% \times (90/360)} (4{,}85\% - 4{,}60\%) = 2.470 \text{ €}$$

***Cap*:** Una cartera de *caplets* se denomina *cap*.

ii) *Floorlet*: Un contrato que establece la siguiente liquidación para el comprador:

$$L = \frac{Nh}{1 + R_T h} \text{máx}\,(R_C - R_T, 0)$$

N: Nocional del contrato.

R_C: Tipo de interés, pactado en el contrato, de una determinada referencia, como, por ejemplo, LIBOR Dólar US a tres meses de plazo o EURIBOR de seis meses de plazo.

R_T: Tipo de interés de la referencia pactada en la fecha T de vencimiento del contrato.

h: Plazo de la referencia pactada.

EJEMPLO 2.31. Liquidación del contrato *floorlet*

Sobre un nocional de $N = 1.000.000$ de € y con vencimiento dentro de $T = 25$ días, se negocia el tipo de interés $R_C = 4{,}60\%$, para el plazo $h = 90$ días. El comprador abona al vendedor 735 € en concepto de prima. Pasan los 25 días y el tipo de interés a 90 días cotiza $R_T = 4{,}52\%$. El vendedor del contrato paga al comprador:

$$L = \frac{1.000.000}{1 + 4{,}52\% \times (90/360)} (4{,}60\% - 4{,}52\%) = 791{,}06 \text{ €}$$

***Floor*:** Una cartera de *floorlets* se denomina *floor*.

3.16. Opciones sobre *swaps* (*swaptions*)

***Swap* diferido:** Se llama *swap* diferido a un *swap* que se negocia hoy pero se inicia en una fecha futura (similar a una operación a plazo).

3.16.1. Opción de compra de pagador fijo (*call swaption*)

El comprador tiene el derecho a entrar en un *swap* diferido (comienza en el vencimiento de la opción) pagando el tipo de interés de ejercicio y recibiendo el tipo de interés variable. Ejercitará el derecho si en el vencimiento el tipo de interés del *swap* cotizado en el mercado es superior al de ejercicio. El vendedor recibe la prima y tiene la obligación de actuar como contraparte (pagar variable y recibir fijo) si el comprador ejercita la opción.

3.16.2. Opción de venta de pagador variable (*put swaption*)

El comprador tiene el derecho a entrar en un *swap* diferido (comienza en el vencimiento de la opción) pagando el tipo de interés variable y recibiendo el tipo de interés de ejercicio. Ejercitará el derecho si en el vencimiento el tipo de interés del *swap* cotizado en el mercado es inferior al de ejercicio. El vendedor recibe la prima y tiene la obligación de actuar como contraparte (pagar variable y recibir fijo) si el comprador ejercita la opción.

4. Derivados de crédito

4.1. Permutas de incumplimiento (*Credit default swap*)

El objetivo inicial y fundamental de este derivado de crédito es la cobertura del riesgo de crédito respecto a un emisor. El comprador de protección paga una comisión sobre el nocional (*fee*, *swap premium*) al vendedor de protección por el derecho a recibir un pago condicional a la realización del evento de *default* definido en el contrato.

Elementos básicos del contrato:

1. La entidad de referencia se refiere al emisor (o emisores) cuyo *default*, o en general cambio de calidad crediticia, produce un suceso relevante para la determinación de la función de pago del derivado de crédito. La entidad de referencia puede ser desde una empresa hasta un estado soberano, y en general cualquiera con capacidad de endeudamiento y obligaciones contraídas en relación con dicho endeudamiento.
2. El activo u obligación de referencia[5] es el activo que señala el nivel de deuda que puede entregarse en el caso de que se produzca alguno de los eventos de crédito señalados en el contrato.

[5] *Reference credit asset.*

3. Evento de crédito. Se refiere a la caracterización, con toda precisión, del suceso que es relevante para la correcta interpretación, valoración y ejercitación del contrato. Los principales eventos de crédito son:

— Incumplimiento (que puede definirse a partir de un cierto retraso, 10, 20, 90 días).

— Suspensión de pagos.

— Quiebra.

— Reestructuración de la deuda.

— Caída del *rating* (a partir de un umbral determinado), v.g. desde AA —si se sitúa por debajo de BBB.

— Cambio en el diferencial del rendimiento interno respecto al rendimiento interno de una referencia libre de riesgo especificada.

— Moratoria de pago.

Esta variedad de eventos es uno de los aspectos que contribuyen a la dificultad de la valoración de los derivados de crédito.

4. Pago dado el evento de crédito. Es un concepto central en los contratos de derivados de crédito. Existen dos formas de liquidación del contrato: mediante entrega física de bonos o créditos y mediante liquidación en efectivo a partir de la valoración de los bonos que han sufrido el evento de crédito.

EJEMPLO 2.32. *Credit default swap*

Entidad de referencia: Ford.

Obligaciones de referencia: Todos los bonos emitidos por Ford.

Eventos: Quiebra, incumplimiento de intereses o principal, reestructuración unilateral de la deuda.

Nocional: 10 millones de $.

Comisión: 345 puntos básicos pagaderos trimestralmente.

Liquidación en caso de que se realice el evento de crédito: entrega de los bonos (con un nominal 10 millones de $) por el comprador de protección y pago de 10 millones de $ por el vendedor de protección.

EJEMPLO 2.33. Liquidación de un *credit default swap*

Una entidad busca protección para bonos emitidos por Ford y la prima es 330 puntos básicos. Los bonos se cotizan al 80% de su valor nominal y la entidad tiene 12,5 millones nominales. Contrata un nominal de $12{,}5 \times 80\% = 10$ MM que es el valor que quiere proteger. Si ocurre el evento de crédito, recibe la compensación sobre los 10 MM contratados. La prima se paga trimestralmente con base Exacta/360.

Si el primer trimestre tiene 92 días, entonces:

$$10.000.000 \times 0{,}0330 \times \frac{92}{360} = 84.333{,}33\ \$$$

Si se produce el evento de crédito y la liquidación se realiza con entrega física, el vendedor de protección entrega 10 millones de $ al comprador de protección y este entrega al vendedor bonos emitidos por Ford (ninguno con un grado de subordinación por debajo de la obligación de referencia definida en el contrato), con un importe nominal de 10 millones de $.

4.2. Permutas de la totalidad de los rendimientos (*Total return swap*)

En un contrato que establece entre las partes A y B los siguientes derechos y obligaciones:

A paga a B en fechas $T_i = 1, 2, ..., N$

— El cupón de un bono emitido por el emisor C.

— El cambio de precio del bono desde el último pago si es positivo, es decir, $[C(T_i) - C(T_{i-1})]^+$.

— El principal del bono en el vencimiento.

— El valor de recuperación del bono (si se produce alguno de los eventos de crédito definidos en el contrato).

B paga a A en fechas $T_i = 1, 2, ..., N$

— Un margen sobre LIBOR $LB + s_{TRS}$.

— La depreciación del bono $[C(T_{i-1}) - C(T_i)]^+$ desde el último pago.

— Si se produce algún evento de crédito, el valor nominal de los bonos.

Los pagos se netean y los bonos deben cotizarse en un mercado líquido para que sea factible la medición de los cambios de precio.

4.3. Opciones sobre el *spread*

La opción sobre el *spread* es una opción estándar europea que tiene como subyacente el *spread* de un bono cotizado en un mercado secundario.

4.4. Primer incumplimiento (*first to default*)

Este derivado de crédito se diseña con las siguientes condiciones:

1. Existen k entidades de referencia.
2. Existen k referencias de crédito (bonos, generalmente) correspondientes a las k entidades de referencia.

3. El evento de crédito es el primer evento de crédito de cualquiera de las k entidades de referencia.
4. El contrato termina después del primer evento de crédito o cuando se llega al vencimiento sin que se haya producido ningún evento de crédito.
5. El comprador paga una comisión (prima, *fee*, *spread*) S_{FED}, cuyo pago se interrumpe si se produce el primer evento de crédito.
6. En caso de evento de crédito el comprador recibe del vendedor el nominal del contrato y entrega al vendedor bonos de la entidad de referencia que ha protagonizado el evento de crédito con el importe nominal establecido en el contrato.

El típico contrato *First to Default* tiene entre k = cuatro y k = doce entidades de referencia.

EJEMPLO 2.34. *First to default*

JP Morgan vende protección por 10 millones de $ a cinco años de plazo para las entidades de referencia A, B, C, D y E. La suma de las primas de los *Credit default swap* de estas cinco entidades de referencia es 600 pb y la prima pactada para el *first to default* es el 70% de la suma, 420 pb. Supongamos que la primera entidad de referencia que protagoniza un evento de crédito es D. Entonces el vendedor entrega al comprador 10 millones de $ y el comprador entrega al vendedor bonos de la entidad de referencia D por un importe nominal de 10 millones de $. El contrato finaliza.

4.5. Segundo incumplimiento (*second default*)

El derivado de crédito *second to default* tiene las mismas características que el *first to default*, salvo que si se produce el primer incumplimiento el contrato sigue vigente hasta que se produzca el segundo incumplimiento, con la liquidación del contrato, o hasta el vencimiento.

5. Los productos híbridos o estructurados

Los denominados productos estructurados (notas, depósitos...) combinan en un instrumento las características de un instrumento tradicional (un bono, un depósito...) con uno o varios instrumentos derivados. La valoración de los productos estructurados se realiza identificando en primer lugar los instrumentos elementales que lo componen. Posteriormente se realiza la valoración de cada uno de estos instrumentos elementales y finalmente el precio resulta de la agregación, con su signo, de los precios de los instrumentos elementales.

capítulo

3

Modelos para la estimación del valor razonable de los instrumentos financieros derivados

ÍNDICE

1. Consideraciones sobre los modelos de valoración
2. *Forward* sobre una divisa
3. FRA (acuerdo sobre tipos de interés)
4. *Forward* sobre bonos
5. *Forward* sobre acciones
6. Futuros sobre tipos de interés
7. Futuros sobre bonos
8. Futuros sobre acciones e índices bursátiles
9. Permutas de intereses
10. Permutas de divisas
11. Opciones estándar
12. Opciones digitales
13. Opciones rango
14. Opciones barrera
15. Opciones asiáticas: media de precios
16. Opciones cuanto
17. Opciones con subyacente y precio de ejercicio en divisas diferentes
18. Opciones *lookback*
19. Opciones escalera
20. Opciones con pago diferido
21. Opciones *forward start*
22. Opciones sobre opciones
23. Opciones a elegir
24. Opciones sobre máximos y mínimos
25. *Caps* y *floors*
26. Opciones sobre permutas (*swaptions*)
27. Permutas de incumplimiento (*Credit default swap*)
28. Permutas de la totalidad de los rendimientos (*Total return swap*)
29. Opciones sobre el *spread*
30. Primer incumplimiento (*first to default*)
31. Segundo incumplimiento (*second default*)

Anejo I. El uso de los métodos de Monte Carlo en la valoración de los instrumentos financieros derivados

Anejo II. Metodologías utilizadas en la estimación de la curva de cupones cero libres de riesgo

1. Consideraciones sobre los modelos de valoración

Los modelos de valoración que se presentan a continuación son los generalmente aceptados en la literatura académica.

El concepto *arbitraje* juega un papel fundamental en la teoría de valoración de instrumentos financieros. El *arbitraje* es una estrategia de negociación que no requiere financiación neta (operación autofinanciada) y sin embargo tiene la certeza de realizar un beneficio sin ningún riesgo de pérdida. Cuando existen oportunidades de arbitraje se supone, desde un punto de vista de la racionalidad económica, que el mercado presenta un cierto grado de ineficiencia en la formación de los precios. Las oportunidades de arbitraje serán aprovechadas por los operadores y con ello los precios cambiarán, por lo que se eliminarán, total o parcialmente, las oportunidades de arbitraje.

Los modelos que se presentan en las páginas siguientes comparten un conjunto de supuestos que se exponen a continuación.

S1. No existen costes de transacción, ni tampoco *spreads* en las cotizaciones, ni restricciones para tomar posiciones cortas.

S2. No existe riesgo de contraparte.

S3. Los mercados son *mercados activos*. Esto quiere decir que los participantes son precio aceptantes, lo que equivale a que ningún agente tiene poder de mercado; los instrumentos financieros se negocian muy frecuentemente, con una gran cantidad de ofertas y demandas. La información es pública.

S4. Los precios se ajustan para que no existan oportunidades de arbitraje.

Estos supuestos pueden parecer poco realistas, pero eso depende mucho del tipo de mercado y los participantes. En los mercados interbancarios (depósitos, divisas, repos...) y en algunos mercados organizados de derivados, el supuesto 1 no está muy alejado de la realidad, dado que los costes de transacción son muy pequeños y los *spreads* (*bid*/*ask*) son también muy pequeños. El supuesto 2 no se cumple y es relevante para la determinación del valor razonable de los instrumentos financieros, y en particular de los instrumentos derivados. Sin embargo, en los instrumentos *forward* el riesgo de contraparte está en los dos lados, lo que supone un cierto grado de compensación para la determinación del precio, aunque hay que considerarlo en cada caso concreto. En los mercados organizados de derivados, el riesgo de contraparte se puede considerar nulo, salvo riesgos operacionales. En los contratos de opciones en mercados OTC, el riesgo de contraparte lo soporta el comprador de la opción. En los mercados OTC es frecuente la exigencia de garantías para mitigar el riesgo de contraparte, por lo que el supuesto 2 se hace más realista. El supuesto 3 se cumple razonablemente en los mercados interbancarios, en las grandes bolsas de valores de instrumentos de contado (acciones, deuda pública) y en los grandes mercados organizados de instrumentos derivados. Sin embargo, en ocasiones aparecen turbulencias y crisis de liquidez que son muy importantes aunque poco frecuentes. El supuesto 4 es en parte consecuencia de los anteriores, ya que en mercados activos, con bajos costes de transacción y con posibilidades de tomar posiciones cortas, existe la posibilidad de arbitrar en caso de que la oportunidad se presente, por lo que los precios se formarán muy cerca de los precios de equilibrio.

2. *Forward* sobre una divisa

El tipo de cambio *forward* que impide el arbitraje[1] viene dado por la relación

$$f_{0T} = s_0 \frac{(1 + r)^T}{(1 + r_f)^T}$$

El tipo de cambio está definido mediante s unidades de la divisa doméstica por una unidad de la divisa extranjera. f_{0T} es el tipo de cambio *forward* en la fecha $t = 0$ para el plazo T, s_0 es el tipo de cambio contado, r es el tipo de interés contado de la divisa doméstica al plazo T, y r_f es el tipo de interés contado de la divisa extranjera al plazo T.

EJEMPLO 3.1. Cálculo de tipo de cambio *forward*

El plazo es 90 días, el tipo de cambio contado es $s_0 = 10{,}52$ pesos mexicanos por dólar, el tipo de interés contado a 90 días en pesos es $r = 7{,}23\%$, el tipo de interés contado a 90 días en dólares es $r_f = 5{,}35\%$.

El tipo de cambio *forward* que impide el arbitraje viene dada por:

$$f_{0T} = s_0 \frac{(1 + r \times T)}{(1 + r_f \times T)} = 10{,}50 \frac{\left(1 + 0{,}0723 \times \dfrac{90}{365}\right)}{\left(1 + 0{,}0535 \times \dfrac{90}{365}\right)} = 10{,}55$$

El contrato *forward* se valora en cada fecha utilizando el tipo de cambio *forward* negociado en el mercado cuando goza de suficiente liquidez. Mediante la actualización del cierre teórico de la posición se obtiene el valor razonable. En el caso de que no exista cotización de mercado se obtiene el tipo de cambio *forward* que impide el arbitraje como sustituto del tipo de cambio *forward* de mercado.

CAPÍTULO 3

2.1. Valor razonable del contrato *forward* sobre una divisa

Suponemos que A es comprador en un contrato *forward* sobre una divisa y el tipo de interés negociado en el contrato es f^c_{0T}. En una fecha posterior t, el precio *forward* vendedor es f_{tT}. La valoración del contrato se realiza calculando la

[1] Siegel y Siegel (1990).

liquidación virtual[2] que se obtendría mediante el cierre de la posición (cierre teórico) y actualizando dicha liquidación.

$$VR_t = \pm N(f_{tT} - f^c_{0T})G(t, T)$$

$+$ para el comprador y $-$ para el vendedor.

VR_t: Valor razonable del contrato *forward* en t.

N: Nocional del contrato.

f_{tT}: *forward* del mercado u obtenido de un modelo que impide el arbitraje.

f^c_{0T}: *forward* del contrato.

$G(t, T)$: Precio del bono cupón cero libre de riesgo en t con vencimiento en T.

Mediante $G(t, T)$ representamos el factor de actualización. Se trata del precio de un bono cupón cero, libre de riesgo de crédito, con nominal la unidad. En régimen de capitalización compuesta la expresión de $G(t, T)$ es:

$$G(t, T) = \frac{1}{(1 + z(t, T))^{T-t}}$$

siendo $z(t, T)$ el tipo de interés cupón cero libre de riesgo de crédito en la fecha de un bono cupón cero que tiene el vencimiento en T. Para plazos inferiores a un año se suele utilizar interés simple, en cuyo caso la expresión de $G(t, T)$ es:

$$G(t, T) = \frac{1}{1 + z(t, T)(T - t)}$$

En la práctica financiera es habitual que los tipos de interés cupón cero utilizados para la obtención de los factores de actualización sean los EURIBOR y LIBOR, aunque no correspondan a instrumentos libres de riesgo de crédito. La razón se halla en la mayor liquidez de los tipos de interés interbancarios, con cotizaciones diarias de un mes a doce meses de plazo, frente a los títulos del Tesoro.

EJEMPLO 3.2. Valoración de un contrato *forward* sobre una divisa

A es comprador de dólares contra euros en un contrato *forward* que vence dentro de 60 días. El nocional del contrato es $N = 100.000$ \$ y el precio *forward* pactado es $f^c_{0T} = 0{,}80$ €/\$. El precio *forward* vendedor negociado en el mercado es $f_{tT} = 0{,}78$ €/\$. El tipo de interés EURIBOR a dos meses de plazo es $r = 4\%$.

[2] El concepto liquidación virtual es equivalente a la expresión inglesa «marked to market». Significa el cálculo de la liquidación mediante el precio de mercado que podría negociar la contraparte que valora el contrato. Es virtual en el sentido de que no cierra realmente la operación, pero el cálculo se hace con los precios que son factibles para la contraparte.

Para valorar el contrato es habitual utilizar, hasta el plazo de un año, los tipos de interés LIBOR y EURIBOR como tipos de interés cupón cero libre de riesgo, aunque no lo sean. La razón se halla en la mayor liquidez a los diferentes plazos de dichas referencias frente a los tipos de interés de la deuda pública.

$$G(t, T) = \frac{1}{1 + 4\% \dfrac{60}{360}} = 0{,}99338$$

Los factores de actualización son los precios de los bonos cupón cero de nominal la unidad. Para la obtención del precio de estos bonos se utiliza, generalmente, capitalización compuesta y base 365. Pero para hacerlo habría que calcular el tipo de interés equivalente al dado, por lo que la expresión anterior del precio del bono cupón cero es válida aunque esté calculado mediante interés simple y base 360. Es decir, sea i el tipo de interés desconocido en base 365 y ley de capitalización compuesta.

$$(1 + i)^{60/365} = \left(1 + 4\% \frac{60}{360}\right)$$

y de aquí $i = 4{,}067\%$, luego se verifica que:

$$G(t, T) = \frac{1}{1 + 4\% \dfrac{60}{360}} = \frac{1}{(1 + 4{,}067\%)^{60/365}} = 0{,}99338$$

El valor razonable del contrato es:

$$VR = N(f_{fT} - f^{c}_{0T})G(t, T) =$$
$$= 100.000 \times (0{,}78 - 0{,}80) \times 0{,}99338 = -1.986{,}76 \text{ €}$$

Para el comprador el contrato *forward* es un pasivo de importe igual a su valor razonable.

2.2. Valoración del contrato *forward* en la fecha inicial

En la fecha inicial el cierre teórico sería cero, aceptando que el precio *forward* negociado es igual al precio de mercado. Eso explica que la mayoría de los contratos *forward* se negocian con precio nulo. Sin embargo, puede darse la situación de un contrato *forward* negociado con un precio *forward* diferente al de mercado. En ese caso el valor razonable del contrato en la fecha inicial no es cero.

EJEMPLO 3.3. Contrato *forward* negociado con valor razonable distinto de cero

En el mercado *forward* el precio *forward* de compraventa del dólar a plazo es 0,75 €/$ para entrega dentro de 90 días. Un banco negocia con un cliente un contrato de nominal $N = 275.000$ $ para entrega dentro de 90 días con un precio *forward* $f_{0T}^{c} = 0{,}73$ €/$. El banco es comprador y el cliente vendedor de los dólares. El tipo de interés EURIBOR a tres meses es el 5%. Para el banco, en la fecha inicial el valor razonable del contrato es:

$$VR_0 = 275.000 \times (0{,}75 - 0{,}73) \times \frac{1}{1 + 5\% \dfrac{90}{360}} = 5.432{,}35 \text{ €}$$

3. FRA (acuerdo sobre tipos de interés)

Para la valoración de un FRA es necesario disponer del tipo de interés *forward* implícito definido por los dos plazos relevantes en el contrato. Sean r_1 y r_2 los tipos de interés contado a los plazos T_1 y T_2 $\quad T_1 < T_2 \quad$ y $\quad f_{1/2}$ y el tipo de interés *forward* implícito al plazo $T_2 - T_1$, que está definido por la ecuación:

Capitalización compuesta: $\quad (1 + r_1)^{T_1}(1 + f_{1/2})^{T_2 - T_1} = (1 + r_2)^{T_2}$

$$f_{1/2} = \left(\frac{(1 + r_2)^{T_2}}{(1 + r_1)^{T_1}}\right)^{1/T_2 - T_1} - 1$$

Capitalización simple: $\quad (1 + r_1T_1)(1 + f_{1/2}(T_2 - T_1)) = 1 + r_2T_2$

$$f_{1/2} = \frac{1}{T_2 - T_1}\left(\frac{1 + r_2T_2}{1 + r_1T_1} - 1\right)$$

3.1. Valoración de un contrato FRA

La valoración del contrato FRA sigue la misma metodología que la valoración del contrato *forward*. Sea L_t la liquidación virtual del contrato calculada con el tipo de interés FRA de mercado para el mismo plazo de referencia. La liquidación se calcula suponiendo que la actualización se realiza con el tipo de interés FRA de mercado.

$$L_t = \frac{\pm N(f(t, T, T + h) - f(0, T, T + h)h}{1 + f(t, T, T + h)h}$$

$$VR = L_t \times G(t, T) = \frac{\pm N(f(t, T, T + h) - f(0, T, T + h)h}{1 + f(t, T, T + h)h}\, G(t, T)$$

VR_t: Valor razonable en t.

$+$ para el comprador y $-$ para el vendedor.

N: Nocional del contrato.

$f(t, T, T + h)$: Tipo de interés FRA de mercado en t para liquidación en T para la referencia de plazo h.

$f(0, T, T + h)$: Tipo de interés FRA negociado en 0 para liquidación en T para la referencia de plazo h.

$G(t, T)$: Precio del bono cupón cero libre de riesgo en t con vencimiento en T.

EJEMPLO 3.4. Valoración de un contrato FRA

Una entidad tiene una posición de compra sobre un FRA, con tipo de interés pactado $f(0, T, T + h) = 6\%$. En la fecha de valoración el tipo FRA negociado en el mercado para los mismos plazos que el FRA de la entidad es $f(t, T, T + h) = 7\%$ y el contrato vence dentro de 90 días para una referencia de plazo 180 días. El tipo de interés a 90 días es el 6,80%. El nocional del contrato es $N = 150.000$ €.

La liquidación virtual es:

$$L_t = \frac{1.500.000 \times (7\% - 6\%) \times (180/360)}{1 + 7\% \times (180/360)} = 7.246 \text{ €}$$

El valor razonable es:

$$VR = L_t \times G(t, T) = 7.246 \times \frac{1}{1 + 6{,}80\% \dfrac{90}{360}} = 7.124{,}88 \text{ €}$$

4. *Forward* sobre bonos

El precio a plazo de un bono o precio *forward* que impide la operativa de arbitraje se obtiene de la ecuación:

$$P_{0T} = P_0 \times (1 + r)^T$$

siendo:

P_0: Precio contado del bono.

T: Plazo de la operación *forward*.

r: Tasa de interés libre de riesgo al plazo T.

Esta ecuación se modifica si el emisor del bono paga algún cupón en el período de vida residual, o vida remanente, del *forward*. En este caso, y suponiendo que se trata de un cupón de importe C, en la fecha t, $t < T$, el precio a plazo es:

$$P_{0T} = P_0 \times (1 - r)^T - C \times (1 + f_{t/T})^{T-t}$$

$f_{t/T}$: Tasa *forward* implícita entre los plazos t y T.

EJEMPLO 3.5. Valoración de un contrato *forward* sobre un bono

El precio de un bono al contado es el 97,35% de su valor nominal. El tenedor del bono recibe dentro de 90 días el pago de un cupón 6% del nominal. Los pagos de cupones son semestrales.

a) Calcule el precio a plazo de la venta del bono con vencimiento dentro de 180 días utilizando un modelo que impide el arbitraje.

El tipo de interés a 90 días es el 7,50% y a 180 días es el 7,65%.

b) Calcule el valor razonable del contrato suponiendo que se pacta el precio calculado en el apartado a).

c) Pasados 30 días el precio contado del bono es 98,65% y los tipos de interés a 60 días y 150 días son el 7,55% y el 7,70% respectivamente. Calcule el valor razonable del contrato de venta del bono a plazo. El importe nominal del bono es 10.000 €. Los tipos de interés se suponen calculados en régimen de capitalización compuesta y base 365.

a) El precio a plazo que impide el arbitraje está dado por la ecuación:

$$P_{0T} = P_0 \times (1 + r_T)^T - C \times (1 + f_{t/T})^{T-t}$$

o de modo equivalente:

$$P_{0T} = P_0 \times (1 + r_T)^T - C \times \frac{(1 + r_T)^T}{(1 + r_t)^t}$$

$$P_{0T} = 97{,}35 \times (1 + 7{,}65\%)^{180/365} - \frac{6}{2}\,\frac{(1 + 7{,}65\%)^{180/365}}{(1 + 7{,}58\%)^{90/365}} = 97{,}898\%$$

b) El valor razonable sería cero dado que el precio pactado corresponde al de beneficio nulo.

c) Pasados treinta días el precio a plazo que impide el arbitraje es:

$$P_{0T} = 98{,}65 \times (1 + 7{,}70\%)^{150/365} - \frac{6}{2}\,\frac{(1 + 7{,}70\%)^{150/365}}{(1 + 7{,}55\%)^{60/365}} = 98{,}648\%$$

La liquidación virtual es:

$$L_t = -N(F_1 - F_0) = -10.000 \times (98{,}648\% - 97{,}898\%) = -75\ €$$

El valor razonable es el importe de la liquidación actualizada.

$$G(t, T) = \frac{1}{(1 + 7{,}55\%)^{60/365}} = 0{,}9881$$

El valor razonable es:

$$VR = G(t, T) \times L = 0{,}9881 \times (-75) = -74{,}1 \text{ €}$$

5. *Forward* sobre acciones

El precio a plazo de una acción, o precio *forward*, que impide la ganancia de arbitraje, suponiendo que la acción no recibe dividendos durante la vigencia del contrato, es:

$$S_{0T} = S_0 \times (1 + r)^T$$

siendo:

S_0: Precio contado de la acción.

T: Plazo de la operación *forward*.

r: Tipo de interés libre de riesgo al plazo T.

Esta ecuación se modifica si el emisor de la acción paga un dividendo en el período de vida residual, o vida remanente, del *forward*. En este caso, y suponiendo que se trata de un dividendo cuyo valor es D, en la fecha t, $t < T$, el precio a plazo es:

$$S_{0T} = S_0 \times (1 + r)^T - D \times (1 + f_{t/T})^{T-t}$$

$f_{t/T}$: Tasa *forward* implícita entre los plazos t y T.

EJEMPLO 3.6. *Forward* sobre acciones

Una entidad compra 30.000 acciones de la empresa cotizada XYZ para entrega dentro de 30 días al precio por acción. Pasados 15 días el precio *forward* es 290 € por acción. El tipo de interés a 15 días es el 7%.

El valor razonable del contrato es:

$$VR = 30.000 \times \frac{(290 - 300)}{\left(1 + 7\% \dfrac{15}{360}\right)} = -299.127{,}54 \text{ €}$$

6. Futuros sobre tipos de interés

Los contratos de futuros sobre tipos de interés se negocian en mercados organizados. La existencia de liquidaciones diarias para las posiciones abiertas permite llevar a pérdidas y ganancias los resultados obtenidos. El precio de la operación a plazo que representa el futuro se determina igual que el precio *forward*.

7. Futuros sobre bonos

Los contratos de futuros sobre bonos presentan algunas singularidades que los diferencian de los otros contratos de futuros. Generalmente el activo subyacente es un bono nocional que tiene relación con los bonos reales a través del *factor de conversión*. El precio del futuro sobre el bono nocional se establece mediante el precio *forward* que impide el arbitraje sobre el bono más barato para la entrega. El vendedor tiene la opción de elegir el bono más barato entre todos los entregables.

8. Futuros sobre acciones e índices bursátiles

Los contratos de futuros sobre acciones y sobre índices bursátiles se negocian en mercados organizados. El precio futuro sigue el mismo comportamiento que el precio *forward* y se determina con la condición de imposibilidad del arbitraje.

9. Permutas de intereses

La valoración inicial de los *swaps* de intereses o IRS (*interest rate swap*) se realiza imponiendo la condición de que el valor actual de los flujos de intereses calculados con el tipo de interés fijo sea igual que el valor actual de los flujos de intereses calculados con los tipos de interés variables. Estos últimos se obtienen de los tipos *forward* implícitos en la curva de tipos cupón cero. Un modelo analítico de valoración de una permuta de intereses se presenta a continuación.

9.1. Obtención del tipo fijo del *swap* (tipo *swap*)

La permuta financiera de intereses consiste en el intercambio de un flujo de intereses determinado por un tipo de interés fijo denominado $s(t)$, por un flujo de intereses determinado por un tipo de interés variable denominado v.

Se supone que el contrato se realiza en la fecha t para el período $[T_n, T_N]$.

La distancia entre dos fechas genéricas T_{n+i-1} y T_{n+i} es $\delta_i = T_{n+i} - T_{n+i-1}$.

Denominamos $z(t, T_{n+i})$ el tipo de interés cupón cero en la fecha t y vencimiento en la fecha T_{n+i}.

Denominamos $B(t, T_{n+i})$ el precio de un bono cupón cero, con nominal la unidad, en la fecha t y con vencimiento en T_{n+i}; se verifica que:

$$B(t, T_{n+i}) = \frac{1}{[1 + z(t, T_{n+i})]^{T_{n+i}-t}}$$

El valor actual de los flujos fijos viene dado por:

$$V_t(FF) = s(t)\delta_1 B(t, T_{n+1}) + s(t)\delta_2 B(t, T_{n+2}) + \cdots + s(t)\delta_N B(t, T_N) = $$
$$= s(t) \sum_{i=n+1}^{N} \delta_i B(t, T_i)$$

El valor actual de los flujos variables es:

$$V_t(FV) = v_n \delta_1 B(t, T_{n+1}) + v_{n+1}\delta_2 B(t, T_{n+2}) + \cdots + v_{N-1}\delta_N B(t, T_N)$$

Los v_{n+i-1} se sustituyen por los tipos de interés futuros implícitos (*forward*), que vienen dados por:

$$1 + v_n\delta_1 = \frac{B(t, T_n)}{B(t, T_{n+1})}, \quad 1 + v_{n+1}\delta_2 = \frac{B(t, T_{n+1})}{B(t, T_{n+2})}, ..., 1 + v_{N-1}\delta_N = \frac{B(t, T_{N-1})}{B(t, T_N)}$$

Sustituyendo en la expresión de los flujos variables obtenemos:

$$V_t(FV) = B(t, T_{n+1})\left(\frac{B(t, T_n)}{B(t, T_{n+1})} - 1\right) + B(t, T_{n+2})\left(\frac{B(t, T_{n+1})}{B(t, T_{n+2})} - 1\right) +$$
$$+ \cdots + B(t, T_N)\left(\frac{B(t, T_{N-1})}{B(t, T_N)} - 1\right)$$

$$V_t(FV) = B(t, T_n) - B(t, T_N)$$

En la fecha inicial t el valor actual de la suma algebraica de flujos debe ser nulo.

$$s(t) \sum_{i=n+1}^{N} \delta_i B(t, T_i) = B(t, T_n) - B(t, T_N)$$

lo que permite determinar el tipo *swap*:

$$s(t) = \frac{B(t, T_n) - B(t, T_N)}{\sum_{i=n+1}^{N} \delta_i B(t, T_i)}$$

Vamos a denominar

$$A(t; T_n, T_N) = \sum_{i=n+1}^{N} \delta_i B(t, T_i)$$

y entonces:

$$s(t) = \frac{B(t, T_n) - B(t, T_N)}{A(t; T_n, T_N)}$$

En el caso particular de que $t = T_n$:

$$B(t, T_n) = B(t, t) = 1 \quad \text{es} \quad s(t) = \frac{1 - B(t, T_N)}{A(t; t, T_N)}$$

Se puede simplificar la notación:

$$A(t) = A(t; t, T_N) \qquad \text{y si } t = 0 \qquad A(0) = A(0; 0, T_N)$$

$$s(0) = \frac{B(0, 0) - B(0, T_N)}{A(0)} = \frac{1 - B(0, T_N)}{A(0)}$$

En el caso de que una permuta de intereses se ha contratado con un tipo de interés f, el valor razonable en t, para el pagador fijo, cuando el tipo *swap* de mercado es $s(t)$, viene dado por la liquidación virtual o cierre teórico, es decir:

$$VR(t) = (s(t) - f)\delta_1 B(t, T_{n+1}) + (s(t) - f)\delta_2 B(t, T_{n+2}) + \cdots + (s(t) - f)\delta_N B(t, T_N) =$$

$$= (s(t) - f) \sum_{i=n+1}^{N} \delta_i B(t, T_i) = (s(t) - f)A(t; T_n, T_N)$$

10. Permutas de divisas

La valoración de un *swap* de divisas estándar sigue la misma metodología que el *swap* de intereses. Las diferencias son las siguientes:

a) Los nocionales de cada rama deben determinarse con el tipo de cambio de contado.

b) Para cada divisa es necesario disponer de la curva de tipos cupón cero y los tipos *forward* implícitos de las referencias utilizadas, cuando se trata de pagos variables.

c) La actualización de los flujos debe expresarse en una divisa común, lo que se consigue transformando una de las ramas del *swap* con el tipo de cambio de contado.

El valor razonable en una fecha cualquiera es:

$$V_t = \sum_{i=1}^{n} G(t, T_i)N\delta_i i_i - e_t \sum_{i=1}^{n} G^*(t, T_i)N^*\delta_i i_i^*$$

Suponemos que entre los nocionales existe la relación $N = e_0 N^*$, donde N es el nocional para el pagador en la divisa X, e_0 es el tipo de cambio, expresado en unidades de la divisa X por una unidad de la divisa Y, en la fecha de negociación del contrato, y N^* es el nocional del contrato para el pagador en la divisa Y. $G(t, T_i)$ es el precio del bono cupón cero de la divisa X al plazo $T_i - t$; $G^*(t, T_i)$ es el precio del bono cupón cero de la divisa Y al plazo $T_i - t$, $\delta_i = T_i - T_{i-1}$; i_i es el tipo de interés pactado para el pago en la divisa X e i_i^* es el tipo de interés pactado para el pago en la divisa Y; y, finalmente, e_t es el tipo de cambio, expresado en unidades de la divisa X por una unidad de la divisa Y, en la fecha de valoración del contrato. Dependiendo del tipo de permuta, los tipos de interés i_i e i_i^* serán fijos o variables, y en este último se sustituyen por los tipos de interés *forward* implícitos obtenidos de la curva cupón cero correspondiente.

10.1. Valoración de permutas financieras y de divisas no estándar

La determinación de los tipos de interés en un contrato *swap* puede diferir de los criterios de los modelos estándar. Por ejemplo, el tipo de interés denominado variable puede obtenerse calculando la media aritmética de los tipos de interés durante el período de tiempo entre dos liquidaciones (permutas asiáticas) o determinarse, en vez de en la fecha de pago de intereses anterior, en una fecha muy próxima (dos días antes) al intercambio de intereses. En estos casos y en otros en los que no rige el criterio estándar es necesario, para valorar la permuta financiera, introducir hipótesis adecuadas para modelizar el comportamiento de los tipos de interés. Es habitual, en estos casos, que la valoración se realice mediante la utilización de métodos numéricos basados en árboles binomiales o trinomiales y en simulaciones de Monte Carlo.

11. Opciones estándar

11.1. Conceptos previos

11.1.1. Función de distribución de una variable aleatoria normal estándar

La expresión $N(d)$ representa la probabilidad de que una variable aleatoria Z pertenezca al intervalo $(-\infty, d]$, es decir, $N(d) = \text{Prob}(-\infty < Z \leqslant d)$, que viene dada por:

$$N(d) = \int_{-\infty}^{d} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-z^2/2} dz$$

Para esta integral no existe primitiva y se calcula por métodos aproximados. En Excel se obtiene mediante la fórmula DISTR.NORM.ESTAND(d). Se verifica la relación $N(-d) = 1 - N(d)$.

11.1.2. Función de distribución de una variable aleatoria normal bivariante con coeficiente de correlación

La expresión $M(a, b; \rho)$ representa la función de distribución de una variable aleatoria normal bivariante, es decir:

$$M(a, b; \rho) = \text{Prob}(-\infty < Z_1 \leqslant a, -\infty < Z_2 \leqslant b)$$

$$M(a, b; \rho) = \int_{-\infty}^{a} \int_{-\infty}^{b} \frac{1}{2\pi\sqrt{1-\rho^2}} e^{-x^2+y^2-2\rho xy/2(1-\rho^2)}\, dx\, dy$$

Esta función se calcula numéricamente. En Excel se obtiene mediante la fórmula bivar(a; b; ρ). Se verifican las siguientes relaciones:

$$M(a, b; \rho) = N(a) - M(a, -b; -\rho) \qquad M(a, b; \rho) = N(a) - M(a, -b; -\rho)$$

$$M(a, b; \rho) = N(a) + N(b) - M(-a, -b; \rho)$$

11.1.3. Tipo de interés $\pm$

Los modelos de valoración de opciones suponen que existe un tipo de interés instantáneo, computado de forma continua, que es constante[3] a lo largo de la vida de la opción. Ese tipo de interés que no existe se sustituye por el tipo de interés cupón cero al plazo de la opción.

11.1.4. Tasa de rendimiento explícito del activo subyacente *q*

Si se trata de una acción, el rendimiento explícito se refiere a los dividendos recibidos durante la vida de la opción y la tasa se calcula mediante el cociente de los dividendos por acción por el precio actual de la acción, en tasa anual. Si el dividendo por acción es 0,23 €, el precio de la acción es $S_0 = 50$ € y el plazo de la opción es seis meses, entonces el cálculo de q es:

$$q = \frac{0{,}23}{50} \times \frac{12}{6} = 0{,}0092 = 0{,}92\%$$

Si la acción no paga dividendos en el plazo de vida de la opción, entonces $q = 0$. Si el activo subyacente es una divisa, entonces q es el tipo de interés de la divisa al plazo de la opción, $q = r_f$. Si el activo subyacente es un futuro, entonces $q = r$. Y, por último, si el activo subyacente es una mercancía (petróleo, trigo...), entonces q es el coste asociado al mantenimiento de la mercancía en propiedad (seguros, vigilancia...), por unidad de subyacente y anualizado.

---

[3] Algunos modelos introducen la hipótesis de tipos de interés estocásticos, pero eso conduce a nuevos problemas ya que hay que establecer las hipótesis pertinentes sobre la ley estocástica que sigue el tipo de interés.

11.1.5. Volatilidad σ

La volatilidad es un parámetro fundamental para la valoración de opciones. Los modelos habituales suponen que la volatilidad es constante. La volatilidad es la desviación típica de las variaciones relativas del precio del activo subyacente. Si denominamos S_t el precio del activo subyacente en la fecha t (precio de cierre, por ejemplo), la variable de la que se calcula la volatilidad es $R_t = \frac{S_t - S_{t-1}}{S_{t-1}}$, que denominamos rentabilidad del activo subyacente. A veces se utilizan las rentabilidades logarítmicas $R_t = \ln \frac{S_t}{S_{t-1}}$, que son numéricamente muy próximas a las primeras. El problema esencial de la volatilidad es que se necesita la mejor estimación de la volatilidad para el plazo de la opción y no existe un único procedimiento generalmente aceptado para obtener dicha estimación. Además, dependiendo de la posición que tenga cada parte en el contrato, comprador o vendedor, los intereses son opuestos respecto al precio. Un vendedor de opciones estándar quiere el mayor precio posible y el comprador, el menor, y eso se traduce en «opiniones» diferentes sobre la volatilidad. Si los dos utilizan la misma fórmula de valoración, por ejemplo el modelo de Black-Scholes, la única variable no observable es la volatilidad y, en el fondo, la negociación del precio es la negociación de la volatilidad. Las volatilidades se anualizan para emplearlas en las fórmulas de valoración, dado que la unidad de tiempo que se utiliza es el año, los tipos de interés y q están anualizados y por eso la volatilidad también. Si la estimación de la volatilidad de la rentabilidad de una acción con datos diarios conduce al valor 1,25%, para anualizarla[4] se multiplica por la raíz de 250, $\sigma_{\text{año}} = \sigma_{\text{día}} \sqrt{250}$, que en el caso citado sería $\sigma_{\text{año}} = 1{,}25\% \times \sqrt{250} = 19{,}8\%$.

11.2. Opciones estándar europeas[5]

11.2.1. Subyacente: Acciones

El valor razonable de una opción de compra europea es:

$$C_0 = S_0 e^{-qT} N(d_1) - E e^{-rT} N(d_2)$$

El modelo de la opción de venta europea es:

$$P = -S_0 e^{-qT} N(-d_1) + E e^{-rT} N(-d_2)$$

$$d_1 = \frac{\ln \frac{S_0}{E} + \left(r - q + \frac{\sigma^2}{2}\right) T}{\sigma \sqrt{T}} \qquad d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{T}$$

[4] Se acepta la regla de que excluyendo sábados, domingos y festivos los días en los que los mercados financieros están operativos son aproximadamente 250.

[5] Hull (2003).

siendo:

S: Precio del activo subyacente.

E: Precio de ejercicio.

q: Tasa de rendimiento explícito anualizado del activo subyacente.

r: Tasa de interés anualizada al plazo T de vencimiento de la opción.

T: Plazo en años.

σ: Volatilidad anualizada de la rentabilidad del activo subyacente.

11.2.2. Subyacente: Divisas

El valor razonable de una opción de compra estándar europea sobre una divisa es:

$$C_0 = S_0 e^{-r_f T} N(d_1) - E e^{-rT} N(d_2)$$

El valor razonable de una opción de venta estándar europea sobre una divisa es:

$$P = -S_0 e^{-r_f T} N(-d_1) + E e^{-rT} N(-d_2)$$

r_f: Tipo de interés de la divisa al plazo T.

11.2.3. Subyacente: Futuros

El valor razonable de una opción de compra estándar europea sobre un futuro es:

$$C_0 = S_0 e^{-rT} N(d_1) - E e^{-rT} N(d_2)$$

El valor razonable de una opción de venta estándar europea sobre un futuro es:

$$P = -S_0 e^{-rT} N(-d_1) + E e^{-rT} N(-d_2)$$

$$d_1 = \frac{\ln \frac{S_0}{E} + \frac{\sigma^2}{2} T}{\sigma \sqrt{T}} \qquad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

EJEMPLO 3.7. Valoración de opciones estándar

Subyacente: acción, precio de ejercicio $E = 25$ €, precio actual de la acción $S_0 = 25{,}5$ €, plazo $T = 10$ días, tipo de interés a 180 días $r = 4\%$, tasa de dividendos $q = 2\%$, volatilidad $\sigma = 21\%$.

$$d_1 = \frac{\ln \frac{25{,}5}{25} + \left(0{,}04 - 0{,}02 + \frac{0{,}21^2}{2}\right) \frac{180}{365}}{0{,}21\sqrt{180/365}} = 0{,}27490$$

$$d_2 = 0{,}27490 - 0{,}21 \times \sqrt{180/365} = 0{,}12743$$

$$N(0{,}27490) = 0{,}60830 \qquad N(0{,}12743) = 0{,}55070$$

$$N(-0{,}27490) = 0{,}39170 \qquad N(-0{,}12743) = 0{,}44930$$

Call:

$$C = 25{,}5e^{-0{,}02 \times (180/365)} \times 0{,}60830 - 25e^{-0{,}04 \times (180/365)} \times 0{,}55070 = 1{,}8609$$

Put:

$$P = -25{,}5e^{-0{,}02 \times (180/365)} \times 0{,}3917 + 25e^{-0{,}04 \times (180/365)} \times 0{,}44930 = 1{,}1229$$

11.3. Opciones estándar americanas

11.3.1. Modelo de Barone-Adesi y Whaley

El modelo de Barone-Adesi y Whaley es un modelo aproximado, ampliamente aceptado, para la valoración de opciones americanas. Los símbolos tienen la misma interpretación que en las opciones anteriores, salvo cuando se trate de nuevas variables, que se indicará.

Opción de compra

Si $S < S^*$ $\quad C(S, T) = c(S, T) + A_2\left(\dfrac{S}{S^*}\right)^{q_2}$

Si $S \geqslant S^*$ $\quad C(S, T) = S - E$

$C(S, T)$: Precio de la opción estándar europea.

$$A_2 = \frac{S^*}{q_2}\,[1 - e^{-qT}N(d_1(S^*))] \qquad q_2 = \frac{-(N-1) + \sqrt{(N-1)^2 + 4\dfrac{M}{k}}}{2} \qquad M = \frac{2r}{\sigma^2}$$

$$N = \frac{2(r-q)}{\sigma^2} \qquad k = 1 - e^{-rT}$$

S^*: Valor que verifica la ecuación.

$$S^* - E = c(S^*, T) + \frac{1 - e^{-qT}N(d_1(S^*))}{q_2}\,S^*$$

q depende del tipo de subyacente de la opción. En el caso de una acción que no paga dividendos, $q = 0$; si la acción paga dividendos, $q = d$, siendo q la tasa de dividendos anualizada; para el caso de una divisa, $q = r'$, tasa de interés de la divisa; y, por último, para el caso de un futuro, entonces es $q = r$.

Opción de venta

Si $S > S^{**}$ $\quad P(S, T) = p(S, T) + A_1\left(\frac{S}{S^{**}}\right)^{q_1}$

Si $S \leqslant S^{*}$ $\quad P(S, T) = E - S$

$$A_1 = -\frac{S^{**}}{q_1}\left[1 - e^{-qT}N[-d_1(S^{**})]\right] \qquad q_1 = \frac{1 - N - \sqrt{(N-1)^2 + 4\dfrac{M}{k}}}{2} \qquad M = \frac{2r}{\sigma^2}$$

$$N = \frac{2(r-q)}{\sigma^2} \qquad k = 1 - e^{-rT}$$

S^{**}: Valor que verifica la ecuación.

$$E - S^{**} = p(S^{**}, T) + \frac{-1 + e^{-qT}N[-d_1(S^{**})]}{q_1}S^{**}$$

q depende del tipo de subyacente de la opción. En el caso de una acción que no paga dividendos, $q = 0$; si la acción paga dividendos, $q = d$, siendo q la tasa de dividendos anualizada; para el caso de una divisa, $q = r'$, tasa de interés de la divisa; y, por último, para el caso de un futuro, entonces es $q = r$.

12. Opciones digitales

Los precios de las opciones digitales de compra y de venta son:

Opción de compra

$$CD_0 = L \times e^{-rT} \times N(d_2) \qquad d_2 = \frac{\ln\dfrac{S_0}{E} + \left(r - q - \dfrac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

Opción de venta

$$PD_0 = e^{-rT}L \times N(-d_2)$$

L: Importe que recibe el comprador de la opción cuando en el vencimiento la opción está en dinero.

EJEMPLO 3.8. Valoración de opción digital de venta

Subyacente: dólar, tipo de cambio actual $S_0 = 0{,}80$ €/\$, precio de ejercicio $E = 0{,}80$ €/\$, plazo $T = 30$ días, tipo de interés del euro $r = 4\%$, tipo de interés del dólar $r^* = 5\%$, volatilidad $\sigma = 8\%$. El importe que debe pagar el vendedor de la opción si el tipo de cambio del euro con el dólar está en el vencimiento por debajo del precio de ejercicio es $L = 250.000$ euros.

$$d_2 = \frac{\ln\dfrac{0{,}80}{0{,}80} + \left(0{,}04 - 0{,}05 - \dfrac{0{,}07^2}{2}\right)\dfrac{30}{365}}{0{,}07\sqrt{30/365}} = -0{,}05099$$

$$N(-d_2) = N(0{,}05099) = 0{,}52033$$

El valor razonable de la *put* digital es:

$$PD_0 = e^{-0{,}04 \times (30/365)} \times 250.000 \times 0{,}52033 = 129.656$$

13. Opciones rango

Los precios de las opciones rango se obtienen fácilmente de los precios de las opciones digitales.

El precio de una opción cuyo rango es $E_1 < S_T \leqslant E_2$ es la diferencia entre el precio de una opción de compra digital con precio de ejercicio E_1 y una opción digital de compra de precio de ejercicio E_2.

$$\text{Precio rango} = CD(E_1) - CD(E_2)$$

14. Opciones barrera

El nivel de la barrera se denomina B en todos los casos.

i) ***Call down and in*** **con $B \leqslant E$**

$$CDI(B \leqslant E) = Se^{-qT}\left(\frac{B}{S}\right)^{2\lambda} N(v_1) - Ee^{-rT}\left(\frac{B}{S}\right)^{2\lambda - 2} N(v_2)$$

$$\lambda = \frac{r-q}{\sigma^2} + \frac{1}{2} \qquad v_1 = \frac{\ln\dfrac{B^2}{SE}}{\sigma\sqrt{T}} + \lambda\sigma\sqrt{T} \qquad v_2 = v_1 - \sigma\sqrt{T}$$

ii) ***Call down and out*** **con $B \leqslant E$**

$$CDO(B \leqslant E) = Se^{-qT}\left[N(d_1) - \left(\frac{B}{S}\right)^{2\lambda} N(v_1)\right] - Ee^{-rT}\left[N(d_2) - \left(\frac{B}{S}\right)^{2\lambda - 2} N(v_2)\right]$$

$$d_1 = \frac{\ln\dfrac{S}{E} + \left(r - q + \dfrac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \qquad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

iii) *Call down and out* con $B \geqslant E$

$$CDO(B \geqslant E) = Se^{-qT}\left[N(x_1) - \left(\frac{B}{S}\right)^{2\lambda} N(y_1)\right] - Ee^{-rT}\left[N(x_2) - \left(\frac{B}{S}\right)^{2\lambda-2} N(y_2)\right]$$

$$x_1 = \frac{\ln\frac{S}{B}}{\sigma\sqrt{T}} + \lambda\sigma\sqrt{T} \qquad x_2 = x_1 - \sigma\sqrt{T} \qquad y_1 = \frac{\ln\frac{B}{S}}{\sigma\sqrt{T}} + \lambda\sigma\sqrt{T} \qquad y_2 = y_1 - \sigma\sqrt{T}$$

iv) *Call down and in* con $B \geqslant E$

$$CDI(B \geqslant E) = Se^{-qT}\left[N(d_1) - N(x_1) + \left(\frac{B}{S}\right)^{2\lambda} N(y_1)\right] -$$
$$- Ee^{-rT}\left[N(d_2) - N(x_2) + \left(\frac{B}{S}\right)^{2\lambda-2} N(y_2)\right]$$

v) *Call up and out* con $B \leqslant E$

$$CUO(B \leqslant E) = 0$$

vi) *Call up and in* con $B \leqslant E$

$$CUI(B \leqslant E) = Se^{-qT}N(d_1) - Ee^{-rT}N(d_2)$$

vii) *Call up and in* con $B \geqslant E$

$$CUI(B \geqslant E) = Se^{-qT}\left[N(x_1) - \left(\frac{B}{S}\right)^{2\lambda} N(-v_1) + N(-y_1)\right] -$$
$$- Ee^{-rT}\left[N(x_2) - \left(\frac{B}{S}\right)^{2\lambda-2} N(-v_2) + N(-y_2)\right]$$

viii) *Call up and out* con $B \geqslant E$

$$CUO(B \geqslant E) = Se^{-qT}\left[N(d_1) - N(x_1) - N(-y_1) + \left(\frac{B}{S}\right)^{2\lambda} N(-v_1)\right] -$$
$$- Ee^{-rT}\left[N(d_2) - N(x_2) - N(-y_2) + \left(\frac{B}{S}\right)^{2\lambda-2} N(-v_2)\right]$$

ix) *Put up and out* con $B \leqslant E$

$$PUO(B \leqslant E) = -Se^{-qT}\left[N(-x_1) - \left(\frac{B}{S}\right)^{2\lambda} N(-y_1)\right] +$$
$$+ Ee^{-rT}\left[N(-x_2) - \left(\frac{B}{S}\right)^{2\lambda-2} N(-y_2)\right]$$

x) *Put up and in* con $B \leqslant E$

$$PUI(B \leqslant E) = -Se^{-qT}\left[N(-d_1) - N(-x_1) + \left(\frac{B}{S}\right)^{2\lambda} N(-y_1)\right] +$$

$$+ Ee^{-rT}\left[N(-d_2) - N(-x_2) + \left(\frac{B}{S}\right)^{2\lambda-2} N(-y_2)\right]$$

xi) *Put up and in* con $B \geqslant E$

$$PUI(B \geqslant E) = -Se^{-qT}\left(\frac{B}{S}\right)^{2\lambda} N(-v_1) + Ee^{-rT}\left(\frac{B}{S}\right)^{2\lambda-2} N(-v_2)$$

xii) *Put up and out* con $B \geqslant E$

$$PUO(B \geqslant E) = -Se^{-qT}\left[N(-d_1) - \left(\frac{B}{S}\right)^{2\lambda} N(-v_1)\right] +$$

$$+ Ee^{-rT}\left[N(-d_2) - \left(\frac{B}{S}\right)^{2\lambda-2} N(-v_2)\right]$$

xiii) *Put down and out* con $B \geqslant E$

$$PDO(B \geqslant E) = 0$$

xiv) *Put down and in* con $B \geqslant E$

$$PDI(B \geqslant E) = -Se^{-qT}N(-d_1) + Ee^{-rT}N(-d_2)$$

xv) *Put down and in* con $B \leqslant E$

$$PDI = -Se^{-qT}\left[N(-x_1) + N(y_1) - \left(\frac{B}{S}\right)^{2\lambda} N(v_1)\right] +$$

$$+ Ee^{-rT}\left[N(-x_2) + N(y_2) - \left(\frac{B}{S}\right)^{2\lambda-2} N(v_2)\right]$$

xvi) *Put down and out* con $B \leqslant E$

$$PDO(B \leqslant E) = -Se^{-qT}\left[N(-d_1) - N(-x_1) - N(y_1) + \left(\frac{B}{S}\right)^{2\lambda} N(v_1)\right] +$$

$$+ Ee^{-rT}\left[N(-d_2) - N(-x_2) - N(y_2) + \left(\frac{B}{S}\right)^{2\lambda-2} N(v_2)\right]$$

14.1. Valoración de la compensación (*rebate*)

En las opciones barrera se suele definir un pago contingente asociado al tipo de opción. En las opcionesa de tipo *knock-out* el pago se realiza si el precio del activo subyacente cruza la barrera, y en las de tipo *knock-in* el pago se produce si el precio del activo subyacente no cruza la barrera. El importe del pago se denomina R. Este pago contingente es de hecho otro instrumento derivado. Los valores razonables de las distintas modalidades se expresan a continuación:

Call down and in, CDI $V = Re^{-rT}\left[N(x_2) - \left(\frac{B}{S}\right)^{2\lambda-2} N(y_2)\right]$

Call up and in, CUI $V = Re^{-rT}\left[N(-x_2) - \left(\frac{B}{S}\right)^{2\lambda-2} N(-y_2)\right]$

Put down and in, PDI $V = Re^{-rT}\left[N(x_2) - \left(\frac{B}{S}\right)^{2\lambda-2} N(y_2)\right]$

Put up and in, PUI $V = Re^{-rT}\left[N(-x_2) - \left(\frac{B}{S}\right)^{2\lambda-2} N(-y_2)\right]$

Call down and out, CDO $V = R\left[\left(\frac{B}{S}\right)^{a+b} N(z_1) + \left(\frac{B}{S}\right)^{a-b} N(z_2)\right]$

$$a = \frac{\mu}{\sigma^2} \qquad b = \frac{\sqrt{\mu^2 + 2r\sigma^2}}{\sigma^2} \qquad \mu = r - q - \frac{\sigma^2}{2} \qquad z_1 = \frac{\ln\frac{B}{S}}{\sigma\sqrt{T}} + b\sigma\sqrt{T}$$

$$z_2 = z_1 - 2b\sigma\sqrt{T}$$

Call up and out, CUO $V = R\left[\left(\frac{B}{S}\right)^{a+b} N(-z_1) + \left(\frac{B}{S}\right)^{a-b} N(-z_2)\right]$

Put down and out, PDO $V = R\left[\left(\frac{B}{S}\right)^{a+b} N(z_1) + \left(\frac{B}{S}\right)^{a-b} N(z_2)\right]$

Put up and out, PDO $V = R\left[\left(\frac{B}{S}\right)^{a+b} N(-z_1) + \left(\frac{B}{S}\right)^{a-b} N(-z_2)\right]$

15. Opciones asiáticas: Media de precios

Cualquier instrumento derivado que incluya en la liquidación una media de precios se denomina con el adjetivo asiático.

15.1. Opciones asiáticas: Media aritmética de precios

Este tipo de opción asiática es la más frecuente en las aplicaciones. Ya vimos que presenta dificultades para conseguir una fórmula de valoración cerrada, o, dicho con otras palabras, no existe una expresión analítica que nos proporcione el precio como una combinación finita de funciones elementales. Debido a esto se ha recurrido a métodos de simulación (Anejo I).

15.2. Opciones asiáticas: Media geométrica de precios

Kemna y Vorst (1990) demuestran que la opción asiática media geométrica de precios puede valorarse mediante el modelo de Black-Scholes, cambiando la volatilidad y ajustando la tasa de rendimiento del activo subyacente.

Opción de compra:

$$C = Se^{(b-r)T}N(d_1) - Ee^{-eT}N(d_2)$$

Opción de venta:

$$P = Ee^{-eT}N(-d_2) - Se^{(b-r)T}N(-d_1)$$

$$d_1 = \frac{\ln\frac{S}{E} + (b + \sigma_A^2/2)T}{\sigma_A\sqrt{T}} \qquad d_2 = d_1 - \sigma_A\sqrt{T}$$

La volatilidad ajustada es:

$$\sigma_A = \frac{\sigma}{\sqrt{3}}$$

Y el parámetro b es igual a:

$$b = \frac{1}{2}\left(1 - \frac{\sigma^2}{6}\right)$$

16. Opciones cuanto

El precio de la opción de compra cuanto está dado por:

$$c = e_p(S_0^* e^{(r_f - r - q - \rho\sigma_s\sigma_e)T}N(d_1) - E^* e^{-rT}N(d_2))$$

El precio de la opción de venta cuanto es:

$$p = e_p(-S_0^* e^{(r_f - r - q - \rho\sigma_s\sigma_e)T}N(-d_1) + E^* e^{-rT}N(-d_2))$$

siendo:

S_0^*: Precio del activo subyacente en la divisa extranjera.

E^*: Precio de ejercicio en divisa extranjera.

r_f: Tipo de interés de la divisa extranjera.

r: Tipo de interés de la divisa doméstica.

q: Tasa de dividendos.

e_p: Tipo de cambio predeterminado.

σ_S: Volatilidad de la rentabilidad del subyacente.

σ_e: Volatilidad de la rentabilidad de la divisa.

ρ: Coeficiente de correlación entre la rentabilidad del tipo de cambio y la rentabilidad del activo subyacente.

EJEMPLO 3.9. Valoración de opción de compra cuanto

Valoración de una opción de compra cuanto con los siguientes datos: el subyacente es una acción nominada en dólares cuyo precio actual es $S_0^* = 120$ \$, precio de ejercicio $E^* = 118$ \$, tipo de cambio predeterminado $e_p = 0{,}75$ €/\$, plazo de la opción $T = 90$ días, tipo de interés del euro $r = 4{,}5\%$, tipo de interés del dólar $r_f = 5{,}5\%$, tasa de dividendos $q = 2{,}3\%$, volatilidad del tipo de cambio $\sigma_e = 8\%$, volatilidad de la acción $\sigma_{S^*} = 27\%$, coeficiente de correlación lineal entre las rentabilidades de la acción y el tipo de cambio $\rho = 0{,}45$. Con estos datos, calculamos:

$$d_1 = \frac{\ln\dfrac{120}{118} + (0{,}055 - 0{,}023 - 0{,}45 \times 0{,}27 \times 0{,}08 + 0{,}27^2/2)\dfrac{180}{365}}{0{,}27\sqrt{180/365}} = 0{,}24139$$

$$d_2 = 0{,}24139 - 0{,}27 \times \sqrt{180/365} = 0{,}05179$$

$$N(0{,}24139) = 0{,}59538 \qquad N(0{,}05179) = 0{,}52065$$

$$r_f - r - q - \rho\sigma_{S^*}\sigma_e = 0{,}055 - 0{,}045 - 0{,}023 - 0{,}45 \times 0{,}27 \times 0{,}08 = -0{,}02272$$

$$C = 0{,}75(120 \times e^{(-0{,}02272)\times(180/365)} \times 0{,}59538 - 118 \times$$
$$\times\, e^{-0{,}045\times(180/365)} \times 0{,}52065) = 7{,}9204$$

17. Opciones con subyacente y precio de ejercicio en divisas diferentes

Opción de compra:

$$C_0 = e_0 S_0^* e^{-qT} N(d_1) - E e^{-rT} N(d_2)$$

Opción de venta:

$$P_0 = -e_0 S_0^* e^{-qT} N(-d_1) + Ee^{-rT} N(-d_2)$$

C_0 y P_0: Están expresados en unidades de la divisa X.

e_0: Tipo de cambio contado en unidades de la divisa X por una unidad de la divisa Y.

S_0^*: Precio del activo subyacente en unidades de la divisa Y.

E: Precio de ejercicio en unidades de la divisa X.

$$d_1 = \frac{\ln \frac{e_0 S_0^*}{E} + \left(r - q + \frac{\sigma_{eS^*}^2}{2} \right) T}{\sigma_{eS^*} \sqrt{T}} \qquad d_2 = d_1 - \sigma_{eS^*} \sqrt{T} \qquad \sigma_{eS^*} = \sqrt{\sigma_e^2 + \sigma_{S^*}^2 + 2\rho \sigma_e \sigma_{S^*}}$$

σ_{eS^*}: Volatilidad del producto del tipo de cambio por el precio de la acción.

σ_S: Volatilidad de la rentabilidad del subyacente.

σ_e: Volatilidad de la rentabilidad del tipo de cambio.

ρ: Coeficiente de correlación entre la rentabilidad del tipo de cambio y la rentabilidad del activo subyacente.

18. Opciones *lookback*

18.1. Opción *lookback* estándar

Los modelos de valor razonable para este tipo de opciones, *call* y *put*, son:

$$C_0 = S_0 e^{-qT} N(d'') - e^{-rT} m_{T_0}^0 N(d'' - \sigma\sqrt{T}) +$$

$$+ e^{-rT} \frac{\sigma^2}{2r} S_0 e^{-qT} \left[\left(\frac{S_0}{m_{T_0}^0} \right)^{-2r/\sigma^2} N\left(-d'' + \frac{2\sigma}{r} \sqrt{T} \right) - e^{-rT} N(-d'') \right]$$

$$P_0 = -S_0 e^{-qT} N(-d') + e^{-rT} M_{T_0}^0 N(-d' + \sigma\sqrt{T}) +$$

$$+ e^{-rT} \frac{\sigma^2}{2r} S_0 e^{-qT} \left[-\left(\frac{S_0}{M_{T_0}^0} \right)^{-2r/\sigma^2} N\left(d' - \frac{2\sigma}{r} \sqrt{T} \right) + e^{-rT} N(d') \right]$$

$$d'' = \frac{\ln \frac{S_0}{m_{T_0}^0} + (r - q + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}} \qquad d' = \frac{\ln \frac{S^0}{M_{T_0}^0} + (r - q + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

18.2. Opciones *lookback* sobre extremos

a) Si $E \geqslant M_{T_0}^0$

$$C_0 = S_0 e^{-qT} N(d) - e^{-rT} EN(d - \sigma\sqrt{T}) +$$

$$+ e^{-rT} \frac{\sigma^2}{2r} S_0 e^{-qT} \left[-\left(\frac{S_0}{E}\right)^{-2r/\sigma^2} N\left(d - \frac{2\sigma}{r}\sqrt{T}\right) + e^{-rT} N(d) \right]$$

b) Si $E < M_{T_0}^0$

$$C_0 = e^{-rT}(M_{T_0}^0 - E) + S_0 e^{-qT} N(d') - e^{-rT} M_{T_0}^0 N(d' - \sigma\sqrt{T}) +$$

$$+ e^{-rT} \frac{\sigma^2}{2r} S_0 e^{-qT} \left[-\left(\frac{S_0}{M_{T_0}^0}\right)^{-2r/\sigma^2} N\left(d' - \frac{2\sigma}{r}\sqrt{T}\right) + e^{-rT} N(d') \right]$$

c) Si $E < m_{T_0}^0$

$$P_0 = -S_0 e^{-qT} N(-d) + e^{-rT} EN(-d + \sigma\sqrt{T}) +$$

$$+ e^{-rT} \frac{\sigma^2}{2r} S_0 e^{-qT} \left[\left(\frac{S_0}{E}\right)^{-2r/\sigma^2} N\left(-d + \frac{2r}{\sigma}\sqrt{T}\right) - e^{-rT} N(-d) \right]$$

d) Si $E \geqslant m_{T_0}^0$

$$P_0 = e^{-rT}(E - m_{T_0}^0) - S_0 e^{-qT} N(-d'') + e^{-rT} m_{T_0}^0 N(-d'' + \sigma\sqrt{T}) +$$

$$+ e^{-rT} \frac{\sigma^2}{2r} S_0 e^{-qT} \left[\left(\frac{S_0}{m_{T_0}^0}\right)^{-2r/\sigma^2} N\left(-d'' + \frac{2r}{\sigma}\sqrt{T}\right) - e^{-rT} N(-d'') \right]$$

18.3. Opciones *lookback* con riesgo limitado

Dada la definición de la opción *call lookback* con riesgo limitado debe cumplirse que el máximo del precio del activo subyacente en el intervalo temporal pasado $[T_0, 0]$ no supere el umbral establecido m.

a) $M_{T_0}^0 < m$

$$C_0 = S_0 e^{-qT} N(d) - e^{-rT} EN(d - \sigma\sqrt{T}) - S_0 N(d_m) + e^{-rT} EN(d_m - \sigma\sqrt{T}) +$$

$$+ \left(\frac{S_0}{m}\right)^{-2r/\sigma^2} \left[mN\left(2d_m - d - \frac{2r}{\sigma}\sqrt{T} - \sigma\sqrt{T}\right) - e^{-rT} E \frac{S_0}{m} N\left(2d_m - d - \frac{2r}{\sigma}\sqrt{T}\right) \right]$$

$$- \left(\frac{S_0}{m}\right)^{-2r/\sigma^2} \left[mN\left(d_m - \frac{2r}{\sigma}\sqrt{T} - \sigma\sqrt{T}\right) - e^{-rT} E \frac{S_0}{m} N\left(d_m - \frac{2r}{\sigma}\sqrt{T}\right) \right]$$

Análogamente, en el caso de la opción *put lookback* con riesgo limitado debe cumplirse que el mínimo del precio del activo subyacente en el intervalo temporal pasado $[T_0, 0]$ sea mayor que el umbral establecido m.

b) $m_{T_0}^0 > m$

$$P_0 = -S_0 e^{-qT} N(-d) + e^{-rT} E N(-d + \sigma\sqrt{T}) + S_0 N(-d_m) - e^{-rT} E N(-d_m + \sigma\sqrt{T}) +$$

$$+ \left(\frac{S_0}{m}\right)^{-2r/\sigma^2} \left[mN\left(-2d_m + d + \frac{2r}{\sigma}\sqrt{T} + \sigma\sqrt{T}\right) - \right.$$

$$\left. - e^{-rT} E \frac{S_0}{m} N\left(-2d_m + d + \frac{2r}{\sigma}\sqrt{T}\right)\right] +$$

$$+ \left(\frac{S_0}{m}\right)^{-2r/\sigma^2} \left[mN\left(-d_m + \frac{2r}{\sigma}\sqrt{T} + \sigma\sqrt{T}\right) - e^{-rT} E \frac{S_0}{m} N\left(-d_m + \frac{2r}{\sigma}\sqrt{T}\right)\right]$$

$$d = \frac{\ln\frac{S_0}{E} + \left(r - q + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \qquad d_m = \frac{\ln\frac{S_0}{m} + \left(r - q + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

18.4. Opciones parcialmente *lookback*

CAPÍTULO 3

Los modelos de valor razonable para estas opciones, *call* y *put*, vienen dados por las expresiones siguientes:

$$C_0 = S_0 N\left(d'' - \frac{\ln\lambda}{\sigma\sqrt{T}}\right) - \lambda m_{T_0}^0 e^{-rT} N\left(d'' - \frac{\ln\lambda}{\sigma\sqrt{\mathrm{T}}} - \sigma\sqrt{T}\right) +$$

$$+ e^{-rT}\frac{\sigma^2}{2r}\lambda S_0 \left[\left(\frac{S_0}{m_{T_0}^0}\right)^{-2r/\sigma^2} N\left(-d'' + \frac{2r}{\sigma}\sqrt{T} - \frac{\ln\lambda}{\sigma\sqrt{T}}\right) - \right.$$

$$\left. - e^{-rT}\lambda^{2r/\sigma^2} N\left(-d'' - \frac{\ln\lambda}{\sigma\sqrt{\mathrm{T}}}\right)\right]$$

$$P_0 = -S_0 N\left(-d' - \frac{\ln\lambda}{\sigma\sqrt{T}}\right) + \lambda M_{T_0}^0 e^{-rT} N\left(-d' + \frac{\ln\lambda}{\sigma\sqrt{T}} + \sigma\sqrt{T}\right) +$$

$$+ e^{-rT}\frac{\sigma^2}{2r}\lambda S_0 \left[\left(\frac{S_0}{m_{T_0}^0}\right)^{-2r/\sigma^2} N\left(d' - \frac{2r}{\sigma}\sqrt{T} + \frac{\ln\lambda}{\sigma\sqrt{T}}\right) - \right.$$

$$\left. - e^{-rT}\lambda^{2r/\sigma^2} N\left(d' + \frac{\ln\lambda}{\sigma\sqrt{T}}\right)\right]$$

$$d'' = \frac{\ln \frac{S_0}{m^0_{T_0}} + \left(r - q + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \qquad d' = \frac{\ln \frac{S_0}{M^0_{T_0}} + \left(r - q + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

19. Opciones escalera

19.1. Opción escalera con un escalón

El precio de una opción escalera con un escalón es la suma algebraica de cinco opciones: tres son opciones estándar europeas y dos son opciones barrera.

$$C = C(E) - P(E) + PUO(E, B) + P(B) - PUO(B, B)$$

$C(E)$ es el precio de una opción de compra estándar con precio de ejercicio E.

$P(E)$ es el precio de una opción de venta estándar con precio de ejercicio E.

$PUO(E, B)$ es el precio de una opción de venta barrera *up and out* con precio de ejercicio E y barrera B.

$P(B)$ es el precio de una opción de venta estándar con precio de ejercicio B.

$PUO(B, B)$ es el precio de una opción de venta barrera *up and out* con precio de ejercicio E y barrera B.

19.2. Opción *call* escalera, precio de ejercicio flotante

Existen dos barreras tal que $B_2 < B_1 < E$.

$$C = CDO(E, B_1) + CDI(B_1, B_1) - CDI(B_1, B_2) + CDI(B_2, B_2)$$

$CDO(E, B_1)$ es el precio de una opción de compra barrera *down and out* con precio de ejercicio E y barrera B_1.

$CDI(B_1, B_1)$ es el precio de una opción de compra barrera *down and in* con precio de ejercicio B_1 y barrera B_1.

$CDI(B_1, B_2)$ es el precio de una opción de compra barrera *down and in* con precio de ejercicio B_1 y barrera B_2.

$CDI(B_2, B_2)$ es el precio de una opción de compra barrera *down and out* con precio de ejercicio B_2 y barrera B_2.

19.3. Opción *call* escalera con precio de ejercicio fijo

Existen dos barreras tal que $E < B_1 < B_2$.

$$C = C(E) - PUI(E, B_1) + PUI(B_1, B_1) - PUI(B_1, B_2) + PUI(B_2, B_2)$$

$C(E)$ es el precio de una opción de compra estándar con precio de ejercicio E.

$PUI(E, B_1)$ es el precio de una opción de venta barrera *up and in* con precio de ejercicio E y barrera B_1.

$PUI(B_1, B_1)$ es el precio de una opción de venta barrera *up and in* con precio de ejercicio B_1 y barrera B_1.

$PUI(B_1, B_2)$ es el precio de una opción de venta barrera *up and in* con precio de ejercicio B_1 y barrera B_2.

$PUI(B_2, B_2)$ es el precio de una opción de venta barrera *up and in* con precio de ejercicio B_2 y barrera B_2.

20. Opciones con pago diferido

En el inicio el valor del contrato, el valor de la opción, es cero. La prima diferida vale, según que la opción sea *call* o *put*, las expresiones siguientes:

Prima diferida *call*:

$$C_0 = \frac{S_0 e^{-(q-r)T} N(d_1)}{N(d_2)} - E$$

Prima diferida *put*:

$$P_0 = E - \frac{S_0 e^{-(q-r)T} N(-d_1)}{N(-d_2)}$$

$$d_1 = \frac{\ln\dfrac{S_0}{E} + \left(r - q + \dfrac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \qquad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

En una fecha posterior, t $0 < t < T$.

$$C_t = S_t e^{-q(T-t)} N(x_1) - E e^{-r(T-t)} N(x_2) - C_0 e^{-r(T-t)} N(x_2)$$

$$P_t = -S_t e^{-q(T-t)} N(-x_1) + E e^{-r(T-t)} N(-x_2) - P_0 e^{-r(T-t)} N(-x_2)$$

$$x_1 = \frac{\ln\dfrac{S_t}{E} + \left(r - q + \dfrac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}} \qquad x_2 = x_1 - \sigma\sqrt{T-t}$$

21. Opciones *forward start*

Este tipo de opción tiene la propiedad de que se negocia la prima sin que se conozca el precio de ejercicio, que se determina en una fecha futura.

Se consideran tres fechas: t fecha actual, t_1 fecha en la que se determina el precio de ejercicio y T fecha del vencimiento de la opción. $t < t_1 < T$. El precio de ejercicio está determinado por la ecuación $E = kS_{t_1}$.

$$C_t = e^{-q(t_1 - t)} S_t [e^{-q(T - t_1)} N(d_1) - k e^{-r(T - t_1)} N(d_2)]$$

$$P_t = e^{-q(t_1 - t)} S_t [k e^{-r(T - t_1)} N(-d_2) - e^{-q(T - t_1)} N(-d_1)]$$

$$d_1 = \frac{\ln \frac{1}{k} + \left(r - q + \frac{\sigma^2}{2}\right)(T - t_1)}{\sigma\sqrt{T - t_1}} \qquad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T - t_1}$$

El tipo de interés r es el tipo de interés *forward* $r = f_{t_1/T}$.

22. Opciones sobre opciones

E_1 es el precio de ejercicio de la opción y T_1 la fecha del vencimiento; E_2 es el precio de ejercicio de la opción subyacente y T_2 la fecha del vencimiento.

22.1. *Call* sobre *call*

$$C_0 = S_0 e^{-qT_2} M(a_1, b_1; \sqrt{T_1/T_2}) - E_2 e^{-rT_2} M(a_2, b_2; \sqrt{T_1/T_2}) - e^{-rT_1} E_1 N(a_2)$$

22.2. *Put* sobre *call*

$$P_0 = -S_0 e^{-qT_2} M(-a_1, b_1; -\sqrt{T_1/T_2}) + E_2 e^{-rT_2} M(-a_2, b_2; -\sqrt{T_1/T_2}) + \\ + e^{-rT_1} E_1 N(-a_2)$$

22.3. *Call* sobre *put*

$$C_0 = -S_0 e^{-qT_2} M(-a_1, -b_1; \sqrt{T_1/T_2}) + E_2 e^{-rT_2} M(-a_2, -b_2; \sqrt{T_1/T_2}) - \\ - e^{-rT_1} E_1 N(-a_2)$$

22.4. *Put* sobre *put*

$$P_0 = S_0 e^{-qT_2} M(a_1, -b_1; -\sqrt{T_1/T_2}) - E_2 e^{-rT_2} M(a_2, -b_2; -\sqrt{T_1/T_2}) + \\ + e^{-rT_1} E_1 N(a_2)$$

$$a_1 = \frac{\ln \frac{S_0}{S^*} + (r - q + \sigma^2/2) T_1}{\sigma\sqrt{T_1}} \qquad a_2 = a_1 - \sigma\sqrt{T_1}$$

$$b_1 = \frac{\ln\frac{S_0}{E_2} + (r - q + \sigma^2/2)T_2}{\sigma\sqrt{T_2}} \qquad b_2 = b_1 - \sigma\sqrt{T_2}$$

S^* es el valor del activo subyacente para el cual en la fecha T_1 el precio de la opción en T_1 es igual a E_1.

23. Opciones a elegir

En la fecha t_1, $0 < t_1 < T$, se elige si la opción es *call* o *put*,

$$V_0 = S_0e^{-qT}N(d_1) - Ee^{-rT}N(d_2) +$$

$$+ e^{-q(T-t_1)}[Ee^{-(r-q)(T-t_1)}e^{-r_1t_1}N(-d_2') - S_0e^{-qt_1}N(-d_2')]$$

$$d_1 = \frac{\ln\frac{S_0}{E} + \left(r - q + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \qquad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

$$d_1' = \frac{\ln\frac{S_0}{E} + (r-q)(T-t_1) + \left(r_1 - q + \frac{\sigma^2}{2}\right)t_1}{\sigma\sqrt{t_1}} \qquad d_2' = d_1' - \sigma\sqrt{t_1}$$

r es el tipo de interés para el plazo T.

r_1 es el tipo de interés para el plazo t_1.

24. Opciones sobre máximos y mínimos

24.1. Opción de compra sobre lo mejor de dos activos y liquidez

$$V = S_{10}e^{-q_1T}[N(w_3) - M(-w_1, w_3;\ \rho_1)] + S_{20}e^{-q_2T}[N(w_4) - M(-w_2, w_4;\ \rho_2)] +$$

$$+ Ee^{-rT}M(-w_1 + \sigma_1\sqrt{T},\ -w_2 + \sigma_2\sqrt{T};\ \rho)$$

$$\sum^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2\rho\sigma_1\sigma_2$$

ρ coeficiente de correlación lineal entre $\left\{\frac{\Delta S_{1t}}{S_{1t}}\right\}$ y $\left\{\frac{\Delta S_{2t}}{S_{2t}}\right\}$.

σ_1^2 varianza de $\left\{\frac{\Delta S_{1t}}{S_{1t}}\right\}$.

σ_2^2 varianza de $\left\{\dfrac{\Delta S_{2t}}{S_{2t}}\right\}$.

$$w_1 = \frac{\ln\dfrac{S_{10}}{E} + \left(r - q_1 + \dfrac{\sigma_1^2}{2}\right)T}{\sigma_1\sqrt{T}} \qquad w_2 = \frac{\ln\dfrac{S_{20}}{E} + \left(r - q_2 + \dfrac{\sigma_2^2}{2}\right)T}{\sigma_2\sqrt{T}}$$

$$w_3 = \frac{\ln\dfrac{S_{10}}{S_{20}} + \left(q_2 - q_1 + \dfrac{\sum^2}{2}\right)T}{\Sigma\sqrt{T}} \qquad w_4 = \frac{\ln\dfrac{S_{20}}{S_{10}} + \left(q_1 - q_2 + \dfrac{\sum^2}{2}\right)T}{\Sigma\sqrt{T}}$$

24.2. Opción sobre el máximo de dos activos

$$C_{\text{máx}} = S_{10}e^{-q_1T}[N(w_3) - M(-w_1, w_3; \rho_1)] + S_{20}e^{-q_2T}[N(w_4) - M(-w_2, w_4; \rho_2)] + \\ + Ee^{-rT}M(-w_1 + \sigma_1\sqrt{T}, -w_2 + \sigma_2\sqrt{T}; \rho) - Ee^{-rT}$$

24.3. Opción de compra sobre el mejor de dos activos

$$C_{\text{mejor}} = S_{10}e^{-q_1T}[N(w_3) - M(-w_1, w_3; \rho_1)] + S_{20}e^{-q_2T}[N(w_4) - M(-w_2; w_4; \rho_2)]$$

24.4. Opción de venta sobre el máximo de dos activos

$$P_{\text{máx}} = C_{\text{máx}} - C_{\text{mejor}} + Ee^{-rT}$$

24.5. Opción de compra sobre el mínimo de dos activos

$$C_{\text{mín}} = C_1 + C_2 - C_{\text{máx}}$$

C_1 y C_2 son los precios de las opciones estándar de compra sobre cada uno de los activos.

24.6. Opción de compra sobre el peor de dos activos

$$C_{\text{peor}} = C_1 + C_2 - C_{\text{mejor}}$$

24.7. Opción de venta sobre el mínimo de dos activos

$$P_{\text{mín}} = C_{\text{mín}} - C_{\text{peor}} + Ee^{-rT}$$

25. *Cap* y *floors*

25.1. *Caplet*

$$C_0 = \frac{N(1 + R_c h)}{1 + R_{0T}T}\left(\frac{1}{1 + R_c h} N(-d_2) - \frac{1}{1 + F_{T/T+h}} N(-d_1)\right)$$

25.2. *Floorlet*

$$P_0 = \frac{N(1 + R_c h)}{1 + R_{0T}T}\left(\frac{1}{1 + F_{T/T+h}} N(d_1) - \frac{1}{1 + R_c h} N(d_2)\right)$$

$$d_1 = \frac{\ln\dfrac{1 + R_c h}{1 + F_{T/T+h}} + \dfrac{\sigma^2}{2}T}{\sigma\sqrt{T}} \qquad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

N: Nominal del contrato.
R_c: Tipo de interés del contrato.
T: Fecha del vencimiento del contrato.
h: Plazo de la referencia variable subyacente.
$F_{T/T+h}$: Tipo de interés *forward* definido entre las fechas futuras T y $T+h$.
σ: Volatilidad de $\Delta F/F$.

26. Opciones sobre permutas (*swaptions*)

26.1. Opción de compra de pagador fijo (*call swaption*)

Los flujos de intereses se intercambian en las fechas T_1, T_2, ..., T_n.

$$C_0 = N \sum_{i=1}^{n} G(0, T_j)\delta_j(s_0 N(d_1) - eN(d_2))$$

N: Nocional del contrato.
$G(0, T_j)$: Precio del bono cupón cero con vencimiento en la fecha T_j.
s_0: Tipo de interés fijo del *swap* diferido que se negocia en la fecha actual.
e: Tipo de interés fijo de ejercicio del contrato opcional.

$$d_1 = \frac{\ln\dfrac{s_0}{e} + \dfrac{\sigma^2}{2}T}{\sigma\sqrt{T}} \qquad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

26.2. Opción de venta de pagador variable (*put swaptions*)

Los flujos de intereses se intercambian en las fechas T_1, T_2, ..., T_n.

$$P_0 = N \sum_{i=1}^{n} G(0, T_j)\delta_j(-s_0N(-d_1) + eN(-d_2))$$

siendo:

N: Nocional del contrato.

$G(0, T_j)$: Precio del bono cupón cero con vencimiento en la fecha T_j.

s_0: Tipo de interés fijo del *swap* diferido que se negocia en la fecha actual.

e: Tipo de interés fijo de ejercicio del contrato opcional.

27. Permutas de incumplimiento (*credit default swap*)

La valoración de los *credit default swaps* se realiza básicamente mediante dos aproximaciones:

1. Modelos de arbitraje imperfecto utilizando el *spread* con el que se negocia el instrumento financiero denominado *asset swap*.
2. Mediante modelos que utilizan estimaciones de probabilidades condicionales de supervivencia. La estimación de estas probabilidades dista mucho de ser una cuestión sencilla y no es posible abordar este tema dentro del alcance de esta guía de supervisión.

27.1. Prima del *credit default swap* mediante el modelo de arbitraje

Se verifica que:

$$s_{CDS} = \frac{1 - B + A(0)(c - f_{\text{swap}})}{A(0)}$$

s_{CDS}: Prima del *credit default swap*.

B: Precio de un bono de la entidad de referencia.

c: Cupón del bono.

f_{swap}: Tipo fijo del *swap* que intercambia fijo por variable en las mismas fechas de pago de cupón del bono.

$$A(0) = \sum_{i=1}^{n} \delta_i \times G(0, T_i)$$

$\delta_i = T_i - T_{i-1}$ es la distancia temporal, en años, entre dos fechas consecutivas de liquidación de intereses en la permuta de intereses, que coincide con dos fechas consecutivas de pago de la prima del *credit default swap* y $G(0, T_i)$ es el precio de un bono cupón cero libre de riesgo con vencimiento en la fecha T_i.

27.2. Valoración del *credit default swap* mediante probabilidades de supervivencia

La prima viene dada por:

$$s_{CDS} = (1 - R)\frac{\sum_{i=1}^{n} G(0, T_i)(Q(0, T_{i-1}) - Q(0, T_i))}{\sum_{i=1}^{n} G(0, T_i)\delta_i Q(0, T_i)}$$

siendo:

s_{CDS}: Prima del *credit default swap*.

R: Tasa de recuperación dado el incumplimiento.

$G(0, T_i)$: Precio de un bono cupón cero con vencimiento en la fecha T_i.

$\delta_i = T_i - T_{i-1}$: Distancia temporal, en años, entre dos fechas consecutivas de pago de la prima.

$Q(0, T_i)$: Probabilidad de supervivencia hasta la fecha T_i.

EJEMPLO 3.10. Valoración de un *credit default swap*

El nocional es N = 10 millones de dólares. El plazo es 3 años y los pagos de la prima anuales (para simplificar los cálculos). Las tasas de interés cupón cero son 5,50%, 5,64% y 5,76% a los plazos de 1, 2 y 3 años. Las probabilidades de supervivencia $Q(0, 1) = 0{,}98$, $Q(0, 2) = 0{,}97$, $Q(0, 3) = 0{,}95$. La tasa de recuperación es R = 60%.

$$G(0, 1) = 0{,}94787 \qquad G(0, 2) = 0{,}89607 \qquad G(0, 3) = 0{,}84535$$

$$s_{CDS} = (1 - R)\frac{\sum_{i=1}^{n} G(0, T_i)(Q(0, T_{i-1}) - Q(0, T_i))}{\sum_{i=1}^{n} G(0, T_i)\delta_i Q(0, T_i)} =$$

$$(1-0{,}6)\frac{0{,}94787\times(1-0{,}98)+0{,}89607\times(0{,}98-0{,}97)+0{,}84535\times(0{,}97-0{,}95)}{0{,}94787\times0{,}98+0{,}89607\times0{,}97+0{,}84535\times0{,}95}=$$

$$= 0{,}0103$$

La prima es $s_{CDS} = 1{,}03\% = 103$ pb.

28. Permutas de la totalidad de los rendimientos (*Total return swap*)

El valor razonable viene dado por la siguiente expresión:

$$VR = \sum_{i=1}^{n} c\delta_i G(0, T_i)Q(0, T_i) + \sum_{i=1}^{n} (B_i - B_{i-1})G(0, T_i)Q(0, T_i) -$$

$$- \sum_{i=1}^{n} (L_{i-1} + s_{PTR})G(0, T_i)Q(0, T_i)$$

$$- (1 - R) \sum_{i=1}^{n} G(0, T_i)(Q(0, T_{i-1}) - Q(0, T_i))$$

siendo:

c: Tipo de interés del cupón del bono.

$\delta_i = T_i - T_{i-1}$: Período de pago de intereses.

$G(0, T_i)$: Precio del bono cupón cero con vencimiento en T_i.

$Q(0, T_i)$: Probabilidad de supervivencia del emisor del bono.

B_i: Precio del bono en la fecha T_i.

L_{i-1}: Tipo de interés LIBOR en la fecha T_{i-1}.

s_{PRT}: El *spread* que se suma o resta al LIBOR y se fija en el contrato.

R: Tasa estimada de recuperación que se supone constante.

En la fecha inicial se determina el *spread* s_{PTR} mediante la condición de que el valor razonable sea nulo, $VR = 0$.

29. Opciones sobre el *spread*

Los precios de las opciones *call* y *put* vienen dados por las expresiones siguientes:

$$C = e^{-rT}[e^{\mu+\eta^2/2}N(d_1) - S_E N(d_2)] \qquad P = C + e^{-rT}(S_E - e^{\mu+\eta^2/2})$$

$$d_1 = \frac{-\ln S_E + \mu + \eta^2}{\eta} \qquad d_2 = d_1 - \eta \qquad \eta^2 = \frac{\sigma_s^2(1 - e^{-2bT})}{2b}$$

$$\mu = e^{-bT}\ln S_0 + \frac{1}{b}\left(\alpha - \frac{\rho\sigma_r\sigma_s}{\beta}\right)(1 - e^{-bT}) + \frac{\rho\sigma_r\sigma_s}{\beta(b + \beta)}(1 - e^{-(b+\beta)T})$$

S_E es el *spread* de ejercicio y μ y η son parámetros que dependen del valor actual del *spread*, s_0, y de un conjunto de parámetros definidos en las ecuaciones de comportamiento del *spread* y del tipo de interés, que se supone siguen sendos procesos de reversión a la media.

El logaritmo del *spread* y el tipo de interés están guiados por las ecuaciones

$$d(\ln S_t) = (a - b \ln S_t)\, dt + \sigma_s dB_s \qquad dr = (\alpha - \beta r)\, dt + \sigma_r dB_r$$

B_s y B_r son movimientos brownianos estándar con covarianza ρ.

30. Primer incumplimiento (*first to default*)

La valoración se realiza mediante simulación de Monte Carlo. Para ello es necesario disponer de las probabilidades de incumplimiento y las tasas de recuperación de cada nombre (entidad incluida en la cesta). La simulación depende del modelo de correlación entre los incumplimientos. Es frecuente la utilización de un modelo unifactorial.

31. Segundo incumplimiento (*second default*)

El mismo modelo de simulación utilizado para la valoración del primer incumplimiento sirve para la valoración del segundo incumplimiento.

Anejo I

El uso de los métodos de Monte Carlo en la valoración de los instrumentos financieros derivados

El concepto «Monte Carlo» fue introducido por von Neumann y Ulam durante la Segunda Guerra Mundial, en el contexto de los trabajos de simulación, en Los Alamos, del comportamiento de la difusión aleatoria de neutrones en materiales fisionables, con el objetivo de producir la bomba atómica. Los métodos de Monte Carlo eran utilizados para evaluar complicadas integrales múltiples, y para resolver ciertas ecuaciones integrales para las que no existían soluciones analíticas.

El método de Monte Carlo se puede utilizar para resolver tanto problemas estocásticos como problemas determinísticos, cuando la expresión formal coincide con algún proceso estocástico. La utilización de métodos de simulación es anterior a la fecha en la que el método fue bautizado. En 1908, el famoso estadístico Student utilizó el método dentro de la obtención de su distribución *t*.

Valoración de opciones por el método de Monte Carlo

Las bases teóricas que sustentan la aplicación del método son:

a) El precio del activo sigue un proceso lognormal tal que en la fecha t_i verifica

$$S(t_i) = S(t_{i-1}) \exp\left[\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)(t_i - t_{i-1}) + \sigma\sqrt{t_i - t_{i-1}}\varepsilon_i\right]$$

siendo ε_i una variable aleatoria normal estándar y las variables aleatorias ε_i y ε_j independientes.

b) El valor de la opción en la fecha actual t viene dado por el valor actual de la esperanza condicional del precio de la opción en el vencimiento. La esperanza se toma respecto a la distribución de probabilidad riesgo neutral.

$$C_t = e^{-r(T-t)}E^*(C_T)$$

En términos prácticos, esto se traduce en que el coeficiente μ debe ser igual a la diferencia entre la tasa de interés libre de riesgo r y la tasa q que representa el rendimiento, en cálculo continuo, debido a la posesión del activo (dividendos, rentabilidad de una divisa...). Es decir, $\mu = r - q$.

La simulación se realiza del modo siguiente:

a) El intervalo temporal T-t se divide en n intervalos iguales, de tal modo que las fechas de cálculo de la media pertenezcan al conjunto de fechas definidas entre t y T. El número de términos de la media N no coincide necesariamente con n y será en general $N \leqslant n$.

$$\Delta t = \frac{T - t}{n}$$

b) Generamos n valores de una variable aleatoria normal estándar y denominamos

$$\varepsilon_{11},\ \varepsilon_{12},\ K,\ \varepsilon_{1n}$$

las n realizaciones de la primera variable aleatoria ε_1.

c) Construimos la senda seguida por el precio, que será:

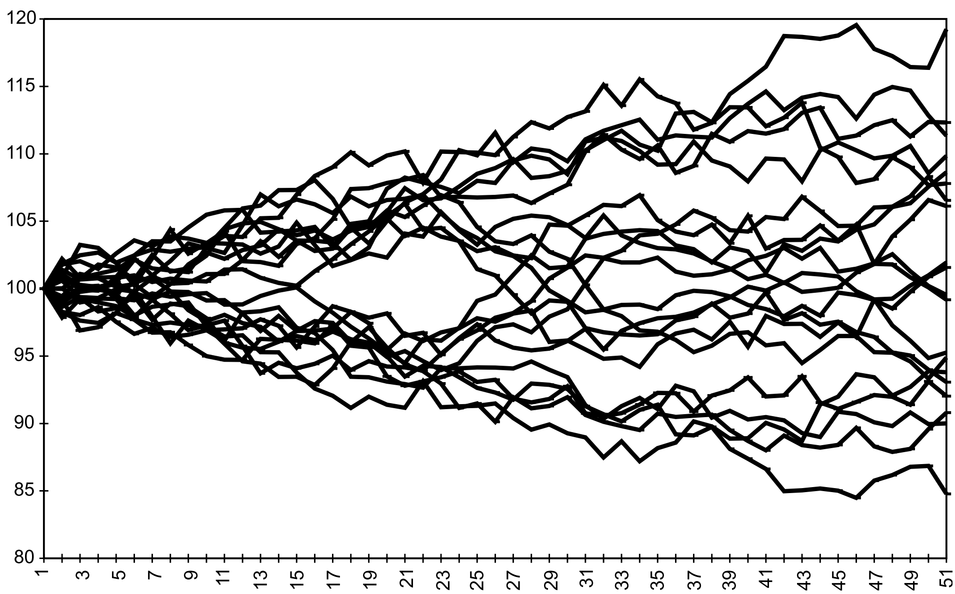
$$S(t_1) = S(t_0)\exp\left[\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)\Delta t + \sigma\sqrt{\Delta t}\varepsilon_{11}\right]$$

$$S(t_2) = S(t_1)\exp\left[\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)\Delta t + \sigma\sqrt{\Delta t}\varepsilon_{12}\right]$$

$$S(t_3) = S(t_2)\exp\left[\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)\Delta t + \sigma\sqrt{\Delta t}\varepsilon_{13}\right]$$

....

$$S(t_n) = S(t_{n-1})\exp\left[\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)\Delta t + \sigma\sqrt{\Delta t}\varepsilon_{1n}\right]$$



el término genérico se puede escribir como:

$$S(t_i) = S(t_0)\exp\left[i\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)\Delta t + \sigma\sqrt{\Delta t}\sum_{j=1}^{i} \varepsilon_{1j}\right]$$

Y el último precio será:

$$S(t_n) = S(t_0)\exp\left[n\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)\Delta t + \sigma\sqrt{\Delta t}\sum_{j=1}^{n} \varepsilon_{1j}\right]$$

De modo similar obtendremos una nueva senda para las n realizaciones muestrales de la segunda variable aleatoria ε_2. Y así sucesivamente para un número M de variables aleatorias.

d) Para cada una de las sendas simuladas calculamos la media aritmética de los precios en las fechas prefijadas. Dicho estadístico será para la senda i:

$$\bar{A}_i = \frac{S_i(\tau_1) + S_i(\tau_2) + L + S_i(\tau_N)}{N}$$

siendo τ_1, τ_2, K, τ_N las fechas establecidas para el cálculo de la media.

Llamando E al precio de ejercicio, para cada media obtenida, para cada senda simulada, tenemos el valor en el vencimiento de la opción. Si se trata de una *call*:

$$C_{iT} = \text{Máx}\,(\bar{A}_i - E,\, 0)$$

La media de las C_{iT} es una estimación de la esperanza $E^*(C_T)$ y su valor actual es una estimación del precio actual de la opción:

$$C_t = e^{-r(T-t)}\frac{\sum C_{iT}}{M} = e^{-r(T-t)}\frac{\sum \text{Máx}\,(\bar{A}_i - E,\, 0)}{M}$$

Anejo II

Metodologías utilizadas en la estimación de la curva de cupones cero libres de riesgo

Tipo de interés cupón cero libre de riesgo de crédito

Un instrumento cupón cero emitido por el Tesoro Público de un país con una alta calificación crediticia se considera libre de riesgo de crédito. El tipo de interés de dicho instrumento de deuda tiene dos propiedades relevantes:

1.ª La rentabilidad del instrumento es cierta y coincide con el tipo de interés del instrumento dado que no existe riesgo de reinversión al carecer de flujos intermedios.

2.ª La rentabilidad del instrumento también es cierta desde el punto de vista del riesgo de crédito ya que se supone nula la probabilidad de incumplimiento del emisor.

Los tipos de interés de los instrumentos cupón cero libres de riesgo de crédito son una de las variables fundamentales para la valoración de todos los activos y en particular los instrumentos financieros.

El valor temporal del dinero

Con los tipos de interés cupón cero libre de riesgo de crédito se construyen los factores de actualización para los flujos de liquidez distribuidos en fechas futuras.

El factor de actualización permite obtener el valor actual de una unidad monetaria situada en la fecha futura T. Es el precio de un bono cupón cero de nominal unitario.

En capitalización simple:

$$\rho = \frac{1}{1 + zT}$$

En capitalización compuesta:

$$\rho = \frac{1}{(1 + z)^T}$$

En capitalización continua:

$$\rho = e^{-zT}$$

Curva contado de tipos de interés cupón cero

Los tipos de interés cupón cero (libres de riesgo o no) a los diferentes plazos forman la estructura temporal de los tipos de interés o simplemente la curva de contado. La obtención de esta curva se realiza mediante la utilización de diversas técnicas ya que para plazos mayores que el año no es frecuente la existencia en el mercado de instrumentos cupón cero o los que se negocian no tienen suficiente liquidez.

Tipos de interés *forward* implícitos en la curva contado

Los tipos *forward* implícitos en la curva contado cupón cero de una determinada referencia se construyen del modo siguiente.

Sean i_1 e i_2 los tipos de interés cupón cero a los plazos t_1 y t_2 ($t_1 < t_2$).

El *forward* implícito bajo capitalización simple es el tipo de interés que en la fecha t_1 y al plazo de la diferencia $t_2 - t_1$ verifica la ecuación que expresa la igualdad entre prestar al plazo largo o prestar al plazo corto y reinvertir el capital y los intereses al plazo residual con el tipo *forward* f_{12}.

$$(1 + i_1 t_1)(1 + f_{12}(t_2 - t_1)) = 1 + i_2 t_2$$

Despejando:

$$f_{12} = \frac{i_2 t_2 - i_1 t_1}{(1 + i_1 t_1)(t_2 - t_1)}$$

El tipo de interés *forward* implícito f_{12} bajo capitalización compuesta está definido por la ecuación:

$$(1 + i_i)^{t_1}(1 + f_{12})^{t_2 - t_1} = (1 + i_2)^{t_2}$$

Despejando:

$$f_{12} = \frac{(1 + i_2)^{t_2/(t_2 - t_1)}}{(1 + i_1)^{t_1/(t_2 - t_1)}} - 1$$

El tipo de interés *forward* implícito bajo capitalización continua está definido por la ecuación:

$$e^{i_1 t_1} e^{f_{12}(t_2 - t_1)} = e^{i_2 t_2}$$

Despejando:

$$f_{12} = \frac{i_2 t_2 - i_1 t_1}{t_2 - t_1}$$

Curva cupón cero a partir de precios de bonos

Los activos negociados en el largo plazo en los mercados financieros ofrecen rentabilidades inciertas, ya que el rendimiento final dependerá de la reinversión de los cupones intermedios. Esto impide tomar como rentabilidad cupón cero la TIR negociada. Para calcular la «curva de tipos cupón cero», debemos diseñar algún método que utilice eficientemente la información disponible.

Método iterativo

Suponemos que al plazo de un año existe un activo cupón cero de rentabilidad z_1. En el plazo de dos años existe en el mercado un bono que paga un cupón facial C_2 anual y se amortiza al segundo año.

Vamos a crear un activo sintético que equivalga a un cupón cero a dos años. La idea básica consiste en anular el flujo neto financiero en el primer año, para que la cartera sintética se comporte como un título cupón cero.

Tabla 3.1

Plazo	Cupón	TIR	Precio
1		4,25	
2	5,25	4,27	101,84
3	5,10	4,31	102,18
4	5,80	4,35	105,22
5	7,25	4,38	112,64
6	5,25	4,42	104,29
7	6,00	4,50	108,84
8	6,25	4,50	111,54
9	5,00	4,47	103,86
10	8,00	4,45	128,16

Pedimos prestado a 1 año la cantidad $Q_2 = \dfrac{C_2}{1 + z_1}$ y compramos el activo al precio de mercado P_2. Tenemos los siguientes flujos:

Inversión en 0:

$$I = P_2 - \frac{C_2}{1 + z_1}$$

Flujo en 1:

$$\frac{-C_2}{1 + z_1}(1 + z_1) + C_2 = 0$$

Flujo en 2:

$$C_2 + N$$

Rentabilidad cupón cero:

$$\left(P_2 - \frac{C_2}{1 + z_1}\right)(1 + z_2)^2 = C_2 + N$$

$$z_2 = \left(\frac{C_2 + N}{P_2 - \dfrac{C_2}{1 + z_1}}\right)^{1/2} - 1$$

$$z_2 = \left(\frac{C_2 + N}{P_2 - \dfrac{C_2}{1 + z_1}}\right)^{1/2} - 1 = \left(\frac{5{,}25 + 100}{101{,}84 - \dfrac{5{,}25}{1 + 0{,}0425}}\right)^{1/2} - 1 = 4{,}2705\%$$

Ahora podemos utilizar los tipos cupón cero a 1 y 2 años para calcular el tipo de interés cupón cero a tres años.

Existe un bono a tres años con cupón facial anual C_3.

Tomamos un préstamo de importe: $\dfrac{C_3}{1 + z_1}$ a tipo z_2 a dos años.

Tomamos un préstamo de importe: $\dfrac{C_3}{(1 + z_2)^2}$ a tipo z_1 a un año.

Los flujos de la operación son:

Flujo en 0. Inversión:

$$INV = P_3 - \frac{C_3}{1 + z_1} - \frac{C_3}{(1 + z_2)^2}$$

Flujo en 1:

$$\frac{-C_3}{1 + z_1}(1 + z_1) + C_3 = 0$$

Flujo en 2:

$$\frac{-C_3}{(1 + z_2)^2}(1 + z_2)^2 + C_3 = 0$$

Flujo en 3:

$$C_3 + N$$

Rentabilidad cupón cero:

$$z_3 = \left(\frac{C_3 + N}{P_3 - \dfrac{C_3}{1 + z_1} - \dfrac{C_3}{(1 + z_2)^2}}\right)^{1/3} - 1 = \left(\frac{5{,}10 + 100}{102{,}18 - \dfrac{5{,}10}{1 + 0{,}0425} - \dfrac{5{,}10}{(1 + 0{,}042705)^2}}\right)^{1/3} -$$

$$- 1 = 4{,}3124\%$$

Podemos generalizar para la iteración n-ésima:

$$z_n = \sqrt[n]{\frac{C_n + N}{P_n - C_n \sum_{j=1}^{n-1} \frac{1}{(1 + z_j)^j}}} - 1$$

Cálculo directo de los factores de actualización

Recordando que el factor de actualización ρ_j se define como $\rho_j = \dfrac{1}{(1 + z_j)^j}$, obtenemos:

$$\rho_1 = \frac{1}{1 + z_1} \qquad \rho_2 = \frac{1}{(1 + z_2)^2} = \frac{P_2 - \dfrac{C_2}{1 + z_1}}{C_2 + N} = \frac{P_2 - \rho_1 C_2}{C_2 + N}$$

$$\rho_1 = \frac{1}{1 + z_1} = \frac{1}{1 + 0{,}045} = 0{,}95694$$

$$\rho_2 = \frac{P_2 - \rho_1 C_2}{C_2 + N} = \frac{101{,}18 - 0{,}95694 \times 5{,}25}{5{,}25 + 100} = 0{,}91358$$

$$\rho_3 = \frac{1}{(1 + z_3)^3} = \frac{P_3 - \dfrac{C_3}{1 + z_1} - \dfrac{C_3}{(1 + z_2)^2}}{C_3 + N} = \frac{P_3 - \rho_1 C_3 - \rho_2 C_3}{C_3 + N}$$

$$\rho_3 = \frac{P_3 - \rho_1 C_3 - \rho_2 C_3}{C_3 + N} = \frac{101{,}15 - (0{,}95694 + 0{,}91358) \times 5{,}10}{5{,}10 + 100} = 0{,}87166$$

y generalizando obtenemos:

$$\rho_n = \frac{P_n - C_n \sum_{j=1}^{n-1} \rho_j}{C_n + N}$$

Expresión matricial

La ecuación anterior se transforma en:

$$C_n \sum_{j=1}^{n-1} \rho_j + (C_n + N)\rho_n = P_n$$

que para j = 1, 2, ..., n admite la siguiente representación matricial

$$\begin{vmatrix} C_1+N & 0 & 0 & L & 0 \\ C_2 & C_2+N & 0 & L & 0 \\ C_3 & C_3 & C_3+N & L & 0 \\ L & L & L & L & 0 \\ C_n & C_n & C_n & C_n & C_n+N \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \rho_1 \\ \rho_2 \\ \rho_3 \\ L \\ \rho_n \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ L \\ P_n \end{vmatrix} \qquad C\rho = P \qquad \rho = C^{-1}P$$

Tabla 3.2

	Cupón	TIR	Precio	Descuento	Cero
1		4,25		0,95923	4,2500
2	5,25	4,27	101,84	0,91977	4,2705
3	5,10	4,31	102,18	0,88103	4,3124
4	5,80	4,35	105,22	0,84321	4,3555
5	7,25	4,38	112,64	0,80669	4,3898
6	5,25	4,42	104,29	0,77093	4,4314
7	6,00	4,50	108,84	0,73353	4,5265
8	6,25	4,50	111,54	0,70191	4,5237
9	5,00	4,47	103,86	0,67406	4,4801
10	8,00	4,45	128,16	0,64663	4,4562

La ecuación

$$C_n \sum_{j=1}^{n-1} \rho_j + (C_n + N)\rho_n = P_n$$

permite calcular los tipos de interés cupón cero mediante un procedimiento recursivo:

Partiendo de que z_1 es conocido se obtiene z_2 despejando en la ecuación:

$$\frac{C_2}{1+z_1} + \frac{C_2+N}{(1+z_2)^2} = P_2$$

Con z_1 y z_2 conocidos se obtiene z_3 despejando en la ecuación:

$$\frac{C_3}{1+z_1} + \frac{C_3}{(1+z_2)^2} + \frac{C_3+N}{(1+z_3)^2} = P_3$$

Y así sucesivamente.

Curva cupón cero a partir de los tipos de interés *swap*

Propiedad fundamental: Las permutas financieras cambian intereses calculados con un tipo de interés fijo por intereses calculados con un tipo de interés variable y sabemos que un bono con cupones variables se valora a la par. Por lo tanto, un bono cuyo cupón fijo sea igual al tipo de interés del *swap* debe tener precio 100%.

EJEMPLO

Tenemos el tipo de interés cupón cero a un año y los tipos de interés *swap* a los plazos 2, 3, ..., T años.

$$z_1 = 5\%; \qquad S_2 = 5{,}04\%; \qquad S_3 = 5{,}06\%; \qquad S_4 = 5{,}10\%$$

Dos años: Un bono con cupón fijo $C = S_2 = 5{,}04\%$ cotiza a la par.

$$\frac{5{,}05}{1 + z_1} + \frac{100 + 5{,}05}{(1 + z_2)^2} = 100 \qquad z_1 \text{ es dato podemos despejar } z_2$$

Para los cálculos es más cómodo trabajar con los factores de actualización.

$$5{,}04\rho_1 + 105{,}04\rho_2 = 100 \quad \Rightarrow \quad \rho_2 = \frac{100 - 5{,}04\rho_1}{105{,}04}$$

$$\rho_1 = \frac{1}{1 + z_1} = \frac{1}{1 + 0{,}05} = \frac{1}{1{,}05} = 0{,}9524$$

$$\rho_2 = \frac{100 - 5{,}04 \times 0{,}9524}{105{,}04} = 0{,}9063$$

$$\frac{1}{(1 + z_2)^2} = \rho_2 \qquad z_2 = \frac{1}{(\rho_2)^{1/2}} - 1 = \frac{1}{0{,}9063^{1/2}} - 1 = 0{,}50411 = 5{,}0411\%$$

Lo anterior se puede expresar de forma general.

$$\rho_2 = \frac{100 - S_2\rho_1}{100 + S_2} \qquad z_2 = \frac{1}{(\rho_2)^{1/2}} - 1$$

Tres años: Un bono con cupón fijo $C = S_3 = 5{,}06\%$ cotiza a la par.

$$\frac{5{,}06}{1 + z_1} + \frac{5{,}06}{(1 + z_2)^2} + \frac{105{,}06}{(1 + z_3)^3} = 100 \qquad 5{,}06\rho_1 + 5{,}06\rho_2 + 105{,}06\rho_3 = 100$$

$$\rho_3 = \frac{100 - 5{,}06\rho_1 - 5{,}06\rho_2}{105{,}06} = \frac{100 - 5{,}06 \times (0{,}9524 + 0{,}9063)}{105{,}06} = 0{,}8623$$

$$\rho_3 = \frac{1}{(1+z_3)^3} \qquad z_3 = \frac{1}{(\rho_3)^{1/3}} - 1 = 0{,}5062$$

La generalización es:

$$\rho_3 = \frac{100 - S_2(\rho_1 + \rho_2)}{100 + S_2} \qquad z_3 = \frac{1}{(\rho_3)^{1/3}} - 1$$

Cuarto año: Un bono con cupón fijo $C = S_4 = 5{,}10\%$ cotiza a la par.

$$\frac{5{,}10}{1+z_1} + \frac{5{,}10}{(1+z_2)^2} + \frac{5{,}10}{(1+z_3)^3} + \frac{105{,}10}{(1+z_4)^4} = 100$$

$$5{,}10\rho_1 + 5{,}10\rho_2 + 5{,}10\rho_3 + 105{,}10\rho_4 = 100$$

$$\rho_4 = \frac{100 - 5{,}106\rho_1 - 5{,}10\rho_2 - 5{,}10\rho_3}{105{,}10} =$$

$$= \frac{100 - 5{,}10 \times (0{,}9524 + 0{,}9063 + 0{,}8623)}{105{,}10} = 0{,}8124$$

$$\rho_4 = \frac{1}{(1+z_4)^4} \qquad z_4 = \frac{1}{(\rho_4)^{1/4}} - 1 = \frac{1}{0{,}8194^{1/4}} = 5{,}104$$

La generalización es:

$$\rho_4 = \frac{100 - S_3(\rho_1 + \rho_2 + \rho_3)}{100 + S_3} \qquad z_4 = \frac{1}{(\rho_4)^{1/4}} - 1$$

Tabla 3.3

Plazo	Tipo inicial	Actualización	Tipo cupón cero
1	5,00	0,9524	5,000
2	5,040	0,9063	5,041
3	5,060	0,8623	5,062
4	5,100	0,8194	5,104

T años

$$\rho_T = \frac{100 - S_T(\rho_1 + \rho_2 + \cdots + \rho_{T-1})}{100 + S_T} = \frac{100 - S_T \sum_{j=1}^{T-1} \rho_j}{100 + S_T}$$

$$z_T = \frac{1}{(\rho_T)^{1/T}} - 1$$

Cálculo matricial de los factores de actualización

$$\begin{pmatrix} 100+S_2 & 0 & 0 & 0 \\ S_3 & 100+S_3 & 0 & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & 0 \\ S_T & S_T & \cdots & 100+S_T \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \rho_2 \\ \rho_3 \\ \cdots \\ \rho_T \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 100-S_2\rho_1 \\ 100-S_3\rho_1 \\ \cdots \\ 100-S_T\rho_1 \end{pmatrix} \qquad S\rho = D \qquad \rho = S^{-1}D$$

Curva de tipos de interés cupón cero: modelo de Nelson y Siegel

Nelson y Siegel[6] definen la curva de los tipos de interés *forward* instantáneos mediante:

$$f(0,\, t) = f(t) = \beta_1 + \beta_2 e^{-\lambda t} + \beta_3 \lambda t e^{-\lambda t}$$

$(\beta_1,\, \beta_2,\, \beta_3,\, \lambda)$ es un vector de parámetros que es necesario estimar. Los tipos de interés de los bonos cupón cero se obtienen de la relación:

$$R(t,\, T) = \frac{1}{T-t}\int_t^T f(t,\, u)\, du$$

Suponemos que $t = 0$.

CAPÍTULO 3

$$R(0,\, T) = \frac{1}{T}\int_0^T f(0,\, t)\, dt \qquad 0 \leqslant t \leqslant T$$

$$R(0,\, T) = \frac{1}{T}\int_0^T f(0,\, t)\, dt = \frac{1}{T}\int_0^T (\beta_1 + \beta_2 e^{-\lambda t} + \beta_3 \lambda t e^{-\lambda t})\, dt$$

$$\frac{1}{T}\int_0^T (\beta_1 + \beta_2 e^{-\lambda t} + \beta_3 \lambda t e^{-\lambda t})\, dt = \frac{1}{T}\left([\beta_1 t]_0^T + \beta_2 \left[\frac{e^{-\lambda t}}{-\lambda}\right]_0^T + \beta_3 \int_0^T \lambda t e^{-\lambda t}\, dt\right) =$$

$$= \frac{1}{T}\left((\beta_1 T - \beta_1 0) - \frac{\beta_2}{\lambda}(e^{-\lambda T} - e^{-\lambda 0}) + \beta_3 \int_0^T \lambda t e^{-\lambda t}\, dt\right) =$$

$$= \beta_1 - \beta_2\left(\frac{e^{-\lambda T} - 1}{\lambda T}\right) + \frac{\beta_3}{T}\int_0^T \lambda t e^{-\lambda t}\, dt$$

$$I = \int_0^T \lambda t e^{-\lambda t}\, dt \qquad u = \lambda t \qquad dv = e^{-\lambda t}\, dt \qquad du = \lambda\, dt \qquad v = \frac{e^{-\lambda t}}{-\lambda}$$

$$I = [uv]_0^T - \int_0^T v\, du = \left[\lambda t\, \frac{e^{-\lambda t}}{-\lambda}\right]_0^T - \int_0^T \frac{e^{-\lambda t}}{-\lambda}\, \lambda\, dt = T\, \frac{e^{-\lambda T}}{-1} - 0\, \frac{e^{-\lambda 0}}{-1} + \int_0^T e^{-\lambda t}\, dt$$

[6] «Parsimonious Modeling of Yield Curves», *The Journal of Business*, vol. 60, pp. 473-489, 1987.

$$-Te^{-\lambda T} + \left[\frac{e^{-\lambda t}}{-\lambda}\right]_0^T = -Te^{-\lambda T} + \left(\frac{e^{-\lambda T}}{-\lambda} - \frac{e^{-\lambda 0}}{-\lambda}\right) = -Te^{-\lambda T} + \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{e^{-\lambda T}}{\lambda}\right)$$

El tipo de interés cupón cero al plazo T está dado por:

$$R(0, T) = \beta_1 - \beta_2\left(\frac{e^{-\lambda T} - 1}{\lambda T}\right) + \frac{\beta_3}{T} I = \beta_1 - \beta_2\left(\frac{e^{-\lambda T} - 1}{\lambda T}\right) +$$

$$+ \frac{\beta_3}{T}\left(-Te^{-\lambda T} + \left(\frac{e^{-\lambda T}}{\lambda} - \frac{1}{\lambda}\right)\right) = \beta_1 + \beta_2\left(\frac{1 - e^{-\lambda T}}{\lambda T}\right) + \beta_3\left(\frac{1 - e^{-\lambda T}}{\lambda T} - e^{-\lambda T}\right)$$

La fórmula original de Nelson y Siegel es ligeramente diferente a la anterior y viene dada por:

$$R(0, T) = b_1 + b_2\left(\frac{1 - e^{-\lambda T}}{\lambda T}\right) - b_3 e^{-\lambda T}$$

que equivale a la anterior con $b_1 = \beta_1 \qquad b_2 = \beta_2 + \beta_3 \qquad b_3 = \beta_3$.

Para estimar los parámetros del modelo, el vector $(\beta_1, \beta_2, \beta_3, \lambda)$, existen distintas metodologías. Por ejemplo, mediante prueba y error determinar el valor de λ, por ejemplo $\lambda = 0{,}002$, y posteriormente estimar los restantes parámetros β_1, β_2 y β_3 construyendo tipos de interés cupón cero a diferentes vencimientos mediante el método iterativo (*boostraping*) que son los valores observados. Se define la función:

$$\varepsilon_T^2 = (R(0, T) - R^*(0, T))^2$$

$$R^*(0, T) = \beta_1 + \beta_2\left(\frac{1 - e^{-\lambda T}}{\lambda T}\right) + \beta_3\left(\frac{1 - e^{-\lambda T}}{\lambda T} - e^{-\lambda T}\right)$$

Y se resuelve el programa no lineal:

$$\underset{\beta_1,\beta_2,\beta_3}{\text{Mín}} \sum_{i=1}^{n} \varepsilon_{T_i}^2$$

Otras formulaciones herederas de Nelson-Siegel son las siguientes.

Bliss[7] plantea el mismo modelo pero con dos valores diferentes de λ.

$$f(t) = \beta_1 + \beta_2 e^{-\lambda_1 t} + \beta_3 \lambda_2 t e^{-\lambda_2 t}$$

que integrando da lugar a:

$$R(0, T) = \beta_1 + \beta_2\left(\frac{1 - e^{-\lambda_1 T}}{\lambda_1 T}\right) + \beta_3\left(\frac{1 - e^{-\lambda_2 T}}{\lambda_2 T} - e^{-\lambda_2 T}\right)$$

[7] «Testing Term Structure Estimation Methods», *Advances in Futures and Options Research*, 9, 97-231, 1997.

Soderlind y Svensson[8] plantean la siguiente especificación de la curva *forward* instantánea, añadiendo a la especificación de Nelson-Siegel un cuarto sumando, similar al tercero, con parámetro λ diferente.

$$f(t) = \beta_1 + \beta_2 e^{-\lambda_1 t} + \beta_3 \lambda_1 t e^{-\lambda_1 t} + \beta_4 \lambda_2 t e^{-\lambda_2 t}$$

La integración conduce a la siguiente curva de tipos de interés cupón cero:

$$R(0, T) = \beta_1 + \beta_2 \left(\frac{1 - e^{-\lambda_1 T}}{\lambda_1 T} \right) + \beta_3 \left(\frac{1 - e^{-\lambda_1 T}}{\lambda_1 T} - e^{-\lambda_1 T} \right) + \beta_4 \left(\frac{1 - e^{-\lambda_2 T}}{\lambda_2 T} - e^{-\lambda_2 T} \right)$$

Björk y Christensen[9] definen una nueva forma funcional para los tipos de interés *forward* instantáneos.

$$f(t) = \beta_1 + \beta_2 t + \beta_3 e^{-\lambda t} + \beta_4 t e^{-\lambda t} + \beta_5 e^{-2\lambda t}$$

Integrando se obtiene:

$$R(0, T) = \beta_1 + \frac{1}{2}\beta_2 T + \beta_3 \left(\frac{1 - e^{-\lambda T}}{\lambda T} \right) + \beta_4 \left(\frac{1 - e^{-\lambda T}}{\lambda^2 T} - \frac{e^{-\lambda T}}{\lambda} \right) + \beta_5 \left(\frac{1 - e^{-2\lambda T}}{2\lambda T} \right)$$

Algunas de las curvas anteriores no son compatibles con los modelos de tipos de interés instantáneos de la literatura dedicada a la valoración de bonos y derivados de tipos de interés. El objetivo de las curvas de tipos de interés cupón cero de la familia Nelson-Siegel no ha sido tanto la valoración como la obtención de una curva sencilla y flexible para reflejar diferentes situaciones de la estructura temporal de los tipos de interés existentes, pero no tanto la dinámica que los tipos pueden mostrar.

[8] «New Techniques to Extract Market Expectations from Financial Instruments», *Journal of Monetary Economics*, 40, 383-430, 1997.

[9] «Interest Rate Dynamics and Consistent Forward Rate Curves», *Mathematical Finance*, 9, 323-348, 1999.

capítulo 4

Riesgos de los instrumentos financieros derivados

ÍNDICE

1. Tipología de los riesgos de los instrumentos derivados
   - 1.1. Riesgo estratégico
   - 1.2. Riesgo de mercado
   - 1.3. Riesgo de liquidez
   - 1.4. Riesgo de crédito
   - 1.5. Riesgos operacionales
   - 1.6. Riesgo reputacional
2. Medidas de sensibilidad del precio de un instrumento financiero. Las griegas
   - 2.1. Delta
   - 2.2. Gamma
   - 2.3. Elasticidad
   - 2.4. Casos particulares de medidas de sensibilidad
3. Parámetros de sensibilidad de las opciones
   - 3.1. Delta
   - 3.2. Gamma
   - 3.3. Theta
   - 3.4. Lambda (Vega)
   - 3.5. Rho
   - 3.6. Phi o Rho-2
4. El Valor en Riesgo (VaR) de los instrumentos derivados
   - 4.1. Introducción a Valor en Riesgo (VaR)
   - 4.2. Modelos del riesgo
5. Casos particulares de VaR
   - 5.1. VaR normal
   - 5.2. VaR de un FRA
   - 5.3. VaR de una permuta de intereses
   - 5.4. VaR de una permuta de divisas
   - 5.5. VaR del tipo de cambio a plazo
   - 5.6. VaR de futuros sobre bonos
6. Riesgo de mercado de opciones
   - 6.1. El VaR delta-gamma
7. Modelos de volatilidad para la estimación del VaR

1. Tipología de los riesgos de los instrumentos derivados

Uno de los aspectos principales de la gestión de los instrumentos financieros derivados es la gestión de sus riesgos. Las pérdidas con derivados que han protagonizado en el pasado algunas entidades generalmente han estado asociadas a algunos de los siguientes hechos: desconocimiento o comprensión inadecuada de los riesgos de estos instrumentos por los administradores, ausencia de límites para la determinación de las exposiciones admisibles y toma de riesgos excesiva, debilidades en el conocimiento de las propiedades financieras de estos instrumentos, conocimiento parcial de los riesgos que soportan y ausencia o debilidad del control interno, lo que incluye la no delimitación e independencia de la función de control o la falta de poder real.

Los riesgos más importantes a los que se enfrenta una entidad en la actividad de instrumentos financieros derivados son:

a) Riesgo estratégico.

b) Riesgo de mercado.

c) Riesgo de liquidez.

d) Riesgo de crédito.

e) Riesgo operacional.

f) Riesgo reputacional.

Los derivados soportan, por lo tanto, los mismos riesgos que los restantes instrumentos financieros (préstamos, cuentas a cobrar, depósitos, acciones, etc.) y en particular que sus subyacentes. Sin embargo existen aspectos específicos de los derivados que exigen una atención especial por parte de los administradores, gestores, auditores y supervisores.

Estos aspectos específicos se pueden resumir en los siguientes apartados:

a) La valoración de los derivados presenta cierto nivel de complejidad, como se ha puesto de manifiesto en el Capítulo 3. Para la mayoría de los riesgos que la entidad debe gestionar el punto de partida es la valoración del instrumento derivado, por lo que las debilidades en el terreno de la valoración se trasladan al campo de la identificación, medición, gestión y control de los riesgos.

b) La medición del riesgo de crédito de cualquier instrumento es una cuestión compleja, pero lo es más en el caso de los derivados por la naturaleza de la exposición crediticia futura, difícil de evaluar, dado que se trata del valor del derivado en un horizonte futuro.

c) Muchos derivados se negocian en mercados no organizados (OTC) en los que la liquidez no está asegurada. La medición de los riesgos de mercado debe tener muy en cuenta el factor de la liquidez para no incurrir en la infravaloración de los riesgos.

d) Los riesgos operacionales son también específicamente importantes en el caso de los derivados. De entre ellos, los riesgos legales vinculados a la interpretación y cumplimiento de los contratos, los riesgos de registro y contabilización de las operaciones y los riesgos de los modelos, tanto de valoración como de medición de los riesgos, por citar los más importantes.

e) Según la utilización que realice una entidad de los derivados, así serán más importantes unos riesgos que otros, y a su vez así serán los requerimientos necesarios que debe cumplir la entidad para la correcta gestión de los riesgos. Por ello es muy importante que los auditores y supervisores identifiquen con la mayor precisión qué tipo de utilización de los derivados realiza la entidad. Es muy diferente el caso de las entidades creadoras de mercado que asumen la función de emisores y dan liquidez al mercado, del de los intermediarios con posiciones cerradas que ganan en la actividad el margen de intermediación o los riesgos soportados por usuarios finales que buscan coberturas o que toman posiciones de negociación.

1.1. Riesgo estratégico

El riesgo estratégico consiste en la desviación negativa que puede darse entre los beneficios esperados de la puesta en práctica de una determinada estrategia y los resultados obtenidos. Los riesgos estratégicos maduran en un medio plazo dado que los resultados no son inmediatos, y cualquier estrategia digna de ese nombre necesita un determinado tiempo para implementarse y para que se puedan observar resultados.

La operativa de derivados debe responder a una estrategia de negocio que plantea la obtención de unos determinados objetivos. Desde un punto de vista amplio pueden referirse a beneficios según las diferentes modalidades de utilización, cuota de mercado, base de clientes, diseño de productos, desarrollo de sistemas, etc.

1.2. Riesgo de mercado

Los derivados soportan riesgos de mercado en el sentido de que su precio puede cambiar con un efecto adverso sobre el valor del instrumento. Los factores de riesgo que influyen sobre el valor razonable, sea el precio de mercado o el obtenido por un modelo de valoración, son muy diversos y dependen básicamente de la naturaleza de cada contrato.

En los derivados sobre tipos de interés los principales factores de riesgos son los tipos de interés cupón cero, los tipos de interés de las referencias utilizadas en el contrato, las correlaciones entre los diferentes tipos de interés, pero también los desplazamientos de las curvas de tipos y los cambios de la pendiente de la curva.

En los derivados sobre acciones y divisas los principales factores de riesgo de mercado son los precios de los subyacentes y las correlaciones entre subyacentes. En el caso de las opciones también son factores de riesgo los tipos de interés y los cambios en la volatilidad del subyacente.

1.3. Riesgo de liquidez

El riesgo de liquidez es el riesgo de pérdidas debidas a:

a) la imposibilidad de cumplir una obligación de pago por la dificultad para obtener la liquidez para reponer márgenes y garantías, o

b) la imposibilidad de tomar una posición en derivados por la ausencia de mercado o por cambios muy grandes en los precios.

El riesgo de liquidez está presente tanto en los mercados organizados como en los mercados OTC, pero la intensidad y modalidad es diferente. En los mercados organizados es más acuciante la necesidad de disponer de liquidez para reponer márgenes y entregar garantías, mientras que las tensiones y dificultades para abrir y cerrar posiciones son más frecuentes en los mercados OTC. Se denomina «riesgo de liquidez de fondeo» el riesgo originado por las dificultades de financiación y «riesgo de liquidez de mercado» el riesgo originado por las dificultades para comprar y vender derivados en las condiciones habituales de precios e incluso la situación en la que los mercados se vacían de contrapartes. Los gestores deben analizar, evaluar, limitar y controlar estos dos riesgos de liquidez.

Las entidades que son creadoras de mercado en mercados OTC suelen gestionar mediante coberturas dinámicas sus posiciones, por lo que requieren un acceso constante a los mercados de los subyacentes y a los mercados de financiación. En este caso los riesgos de liquidez son muy altos y exigen una vigilancia muy activa.

El riesgo de liquidez de mercado puede originarse por algún cambio relevante de las expectativas de los participantes en el mercado o porque los instrumentos cuya transacción se quiere realizar son exóticos y cuentan con una oferta y una demanda limitadas. En el caso de instrumentos estándar también puede darse el riesgo de liquidez cuando los participantes desconfían fuertemente de la calidad crediticia de las contrapartes o cuando algún incidente (v.g., incumplimiento de una liquidación, pérdidas elevadas de algún participante del mercado, etc.) ha puesto en evidencia debilidades estructurales del mercado o de las contrapartes. La evaluación de la calidad crediticia de cada entidad realizada por el mercado es un factor de primer orden para el riesgo de liquidez de la entidad.

Algunos mercados OTC dependen de unas pocas contrapartes que son las que proporcionan liquidez. Basta que alguna de ellas modifique su percepción del riesgo para que el mercado sufra un evento de liquidez. Es importante para los administradores, gestores, auditores y supervisores analizar la concentración del mercado para evaluar el impacto que tal concentración puede tener en la liquidez del mercado. También el riesgo de liquidez puede manifestarse para un agente que tenga una gran cuota de mercado e intente realizar una operación de gran tamaño. En ese caso los precios son elásticos al tamaño de la operativa y los movimientos de precios afectan al resto de los miembros del mercado.

En los mercados organizados la exigencia de garantías (márgenes) y la reposición de márgenes es una actividad que genera riesgo de liquidez. Frente al factor positivo de atenuación e incluso en la práctica eliminación del riesgo de contraparte por la aportación de garantías, existe el riesgo de que la entidad no sea capaz de hallar la financiación necesaria o la encuentre con un coste superior al previsto. Si un participante en el mercado demanda fondos por encima de sus niveles habituales puede ser penalizado por el mercado.

Las entidades deben planificar cuidadosamente las necesidades adicionales de fondos por su actividad en mercados organizados y en qué medida cuentan con las capacidades adicionales de financiación a las que se pueden enfrentar, y la disponibilidad de activos líquidos para la aportación de garantías. También existen límites a la profundidad de las operaciones en los mercados organizados, por lo que los gestores deben evaluar los máximos importes que sería posible negociar sin cambio apreciable en los precios ya que la liquidez en cualquier mercado es siempre limitada.

También es relevante, para el riesgo de liquidez en los mercados organizados, la escala temporal de vencimientos ya que, a medida que son más distantes de la fecha actual, la liquidez disminuye. Son índices útiles para evaluar la liquidez del mercado el volumen de contratación en cada fecha de vencimiento y el denominado interés abierto (*open interest*).

1.4. Riesgo de crédito

El riesgo de crédito en los instrumentos derivados es la pérdida que puede producirse por incumplimiento de la contraparte. Es muy importante la distinción del riesgo de crédito soportado en instrumentos negociados en mercados organizados del riesgo de crédito soportado en instrumentos negociados en mercados OTC. En el primer caso, suponiendo que se cumplen los requerimientos de garantías y que estas están adecuadamente calculadas, el riesgo de contraparte se supone marginal. En el segundo caso, mercados OTC, el riesgo de crédito es relevante, aunque pueden adoptarse convenios de aportación de garantías y de compensación de pérdidas. En el caso de la aportación de garantías ha de verificarse su eficacia legal y financiera.

En el riesgo de crédito hay que distinguir entre la «pérdida esperada» y la «pérdida inesperada» o «pérdida extrema». La pérdida esperada es relevante para la valoración de los instrumentos financieros derivados. Los modelos de valoración mostrados en el Capítulo 3 no contemplan el riesgo de crédito, por lo que algún ajuste es necesario si se quiere tener en cuenta la contingencia de la pérdida por incumplimiento. Existen modelos para el cálculo de la «pérdida esperada» que son específicos del instrumento financiero evaluado, pero estos modelos pueden resultar muy complejos para muchos usuarios. En los casos de instrumentos *forward*, incluidas las permutas de intereses (*swaps*), con contrapartes de similar calificación crediticia la estimación de la pérdida esperada puede resultar de «pequeño» valor en términos relativos, por lo que su no inclusión no es muy grave. En estos instrumentos la pérdida esperada depende de las probabilidades de incumplimiento de cada contraparte, de la exposición y de la pérdida dado el incumplimiento de cada contraparte. En las opciones en general el riesgo de contraparte solo lo soporta el comprador de la opción, aunque existe la excepción de las opciones con el pago de la prima diferido.

La evaluación de la «pérdida inesperada» por riesgo de crédito presenta una elevada dificultad y complejidad derivadas de los requerimientos de información para estimar con fiabilidad dicha pérdida. La regulación sobre bancos, aseguradores y otras entidades similares ha optado por transformar las posiciones en derivados en el equivalente a una posición de crédito, denominada «exposición crediticia», y exigir el capital regulatorio sobre dicha exposición calculada con reglas establecidas.

La «exposición crediticia» se calcula mediante la suma de dos conceptos: el costo de reposición o exposición crediticia actual y la exposición potencial futura. El costo de reposición, CR, se mide mediante CR = Máx (Valor razonable, 0) y la exposición potencial futura, EPF, se define mediante el producto de valor nominal o nocional del contrato y un factor específico para cada instrumento derivado y la vida residual del contrato, es decir, $EPF = f \times N$, valor residual.

La concentración de los riesgos de contraparte debe ser especialmente vigilada, y una forma de vigilancia consiste en el cálculo de una curva de concentración que permita saber el porcentaje de exposición crediticia que supone la contraparte mayor, la siguiente, y así sucesivamente.

Una modalidad de riesgo de contraparte que es muy relevante es el riesgo de liquidación, es decir, cuando el instrumento derivado ha llegado a la fecha de vencimiento y es conocido el importe de la liquidación, pero la entrega del efectivo o de los activos se realiza en una fecha posterior. En este caso, aunque el plazo remanente es cero, existe un riesgo abierto que exige una adecuada gestión. En este caso la exposición es igual al importe de la liquidación.

La determinación de límites para las operaciones con derivados no solo debe plantearse por las contingencias de las variaciones de los precios sino también por el riesgo de contraparte y el riesgo de concentración. Los límites deben establecerse antes del comienzo de la operativa, y las decisiones deben estar adecuadamente documentadas. Se debe aplicar el principio de que cuanto más imprecisa sea la medición del riesgo más conservador debe ser el criterio para establecer los límites.

1.5. Riesgos operacionales

El abanico de riesgos operacionales es muy amplio, pero vamos a referirnos únicamente a los que, a nuestro juicio, son especialmente relevantes en el caso de los derivados.

i) Sistema de registro

El diseño del sistema de registro de las operaciones con derivados es una pieza clave en el ámbito del riesgo operacional. El desfase temporal entre el momento en el que se realiza una operación y el momento en el que se registra en los diferentes sistemas de la entidad es una fuente de riesgo operacional. Desde las situaciones más extremas en las que las operaciones «no llegan» al área de control interno hasta las situaciones casi óptimas en las que el registro es simultáneo para todas las áreas con responsabilidades sobre la operativa de derivados (áreas de negocio, riesgos, control interno, auditoría, contabilidad, etc.). Es muy relevante que el sistema de registro sea capaz de seguir la evolución de la operación a lo largo del tiempo y mantener sin agregar operaciones que tienen sentido individualmente como, por ejemplo, las estrategias de negociación o las operaciones de cobertura. También es necesario el desarrollo de una contabilidad interna para el seguimiento de los resultados de las operaciones de negociación, la medición y el control de los riesgos y el cumplimiento de los límites.

ii) Riesgo de modelo

Tanto en el campo de la valoración de los derivados como en la medición de los riesgos, y en particular el de mercado, es práctica habitual la utilización intensiva de modelos. El riesgo operacional se genera por la discrepancia entre los resultados que proporcionan los modelos y los comportamientos observados. Esta diferencia puede estar originada por errores en las hipótesis que gobiernan los precios y/o en errores en la estimación de los parámetros de los modelos. Los modelos de valoración de opciones aceptan de forma casi universal que los precios siguen una distribución lognormal. Esta hipótesis es razonable en muchas ocasiones, pero fracasa en los casos de turbulencias y crisis financieras en los que los movimientos reales de los precios son sumamente improbables respecto a la distribución de probabilidad lognormal. Estas rupturas, respecto al comportamiento previsto, hacen entrar en crisis tanto los modelos de valoración como los modelos de medición del riesgo de mercado.

iii) Sistema de límites

Los límites son reglas operativas de enorme trascendencia. Deben fijarse con la máxima implicación de los administradores y son, deben ser, leyes internas de obligado cumplimiento. Por eso su determinación es un proceso complejo que incluye elementos técnicos relacionados con los modelos de medición de riesgo, decisiones estratégicas sobre el grado de exposición que se supone aceptable y una componente negociadora interna para buscar el máximo consenso entre las partes implicadas (fundamentalmente áreas de negocio y áreas de control). Los riesgos operacionales se refieren a eventos que se derivan de la ausencia de límites, errores en su determinación por defecto o por exceso, incumplimientos, deficiencias en el control interno del seguimiento del cumplimiento, falta de firmeza en la corrección de los incumplimientos, continua renegociación interna de los límites y falta de precisión en la definición de los límites.

iv) Sistema de información de gestión

Las funciones asociadas a la gestión de los derivados, desde un enfoque amplio de gestión, son las actividades de identificación de los factores de riesgo, la medición de los riesgos, la contabilización, el control interno, la medición de la rentabilidad, la realización y el análisis de las coberturas y la realización de los planes de negocio. Todas estas funciones necesitan sistemas de información específicos según la naturaleza de cada función y según las necesidades de cada usuario de información.

Los riesgos operacionales aparecen cuando existen errores, retrasos, lagunas en los diferentes sistemas de información, o cuando los informes no son utilizados adecuadamente o son realizados de forma burocrática y rutinaria. También existe el riesgo de la falta de unicidad de la información, es decir, distintos centros que elaboran información con datos diferentes sobre un mismo fenómeno.

v) Riesgos legales

El riesgo legal es una de las componentes importantes de los riesgos operacionales. En el contexto de los derivados es especialmente relevante en las transacciones de las entidades con los clientes. Hay numerosas experiencias de conflictos legales en la interpretación de los contratos cuando la liquidación es desfavorable para los clientes. También en las transacciones en los mercados mayoristas se han generado conflictos de interpretación, como, por ejemplo, en el segmento de los derivados de crédito, donde los contratos son complejos por la naturaleza de los eventos de crédito. Un caso conocido es el de Nomura, que realizaba operaciones de negociación sobre obligaciones convertibles emitidas por Railtrack y había contratado un CDS con Credit Suisse First Boston (CSFB) para cubrirse del riesgo de crédito. En 2001 la sociedad Railtrack fue intervenida por problemas financieros. Se produjo el evento de crédito. Nomura quiso entregar a CSFB obligaciones convertibles, pero el vendedor de protección no las aceptó y Nomura vendió las convertibles para comprar obligaciones de Railtrack con cupón fijo y sin opción de conversión. Esto supuso a Nomura un quebranto de 1,2 millones de libras esterlinas. Nomura llevó el caso a los tribunales (Alta Corte de Londres) y la sentencia le resultó favorable. Otros casos de riesgo legal están situados en la interpretación fiscal de los beneficios obtenidos mediante la utilización de opciones como remuneraciones a los empleados (*stock options*).

vi) Debilidades en la capacitación de las personas relacionadas con los derivados

Una fuente de riesgo operacional está en los errores que se pueden originar por deficiencias en la formación y capacitación de las personas que llevan a cabo las tareas de registro, operativa de mercado, comercialización, valoración, medición de riesgos y contabilización de los derivados. La inadecuada comprensión de los instrumentos, los contratos, los modelos de valoración y riesgo son una fuente importante de riesgo operacional. También de forma más primaria el riesgo operacional está originado por la ignorancia o minusvaloración de los riesgos a los que está expuesta la entidad en el manejo de los derivados.

vii) Riesgos operacionales específicos de los mercados organizados

Los mercados organizados ofrecen como ventaja la minimización del riesgo de contraparte, pero entre los riesgos operacionales específicos de estos mercados cabe señalar los posibles errores en la determinación de las garantías, el cumplimiento de los requerimientos de márgenes y los fallos en los sistemas de contratación y liquidación.

1.6. Riesgo reputacional

En general todas la actividades económicas se sustentan en un determinado grado de confianza entre los clientes y los proveedores. En el caso de las actividades financieras este factor es especialmente relevante.

La actividad realizada por un banco tanto con operaciones propias como con operaciones con clientes es generadora de riesgo reputacional. En particular, la comercialización de productos estructurados que prometen a los clientes rentabilidades por encima de los tipos de interés de mercado, pero con riesgo de mercado, es una fuente de riesgo operacional. Si los eventos desfavorables se realizan la rentabilidad obtenida por los clientes puede ser muy inferior a la esperada e incluso negativa, es decir, con un valor de la liquidación menor que la inversión inicial realizada. Estos resultados entre clientes poco informados y formados pueden generar opiniones negativas contra la entidad que dañan su reputación comercial. También las pérdidas sufridas por un banco en el manejo de los derivados, tanto por riesgo de mercado como por riesgo operacional, pueden minar la confianza de auditores, supervisores, analistas e inversores.

2. Medidas de sensibilidad del precio de un instrumento financiero. Las griegas

Para la medición de los riesgos de mercado es muy útil disponer de parámetros que relacionen la variación del precio del instrumento derivado con la variación de cada una de las variables que lo determinan en el modelo de valoración. La metodología en la que se basa esta relación es el desarrollo en serie de Taylor de la función que expresa el precio del derivado en función de las variables del modelo.

En general suponemos que el precio del derivado, V, es función de las n variables $x_1, x_2, ..., x_n$.

$$V = V(x_1, x_2, ..., x_n)$$

La variación del precio del derivado se puede expresar mediante una función de las derivadas parciales de la forma:

$$\Delta V = \frac{\partial V}{\partial x_1}\,\Delta x_1 + \cdots + \frac{\partial V}{\partial x_n}\,\Delta x_n +$$
$$+\frac{1}{2}\left(\frac{\partial^2 V}{\partial x_1^2}\Delta x_1^2 + \cdots + \frac{\partial^2 V}{\partial x_n^2}\Delta x_n^2 + 2\,\frac{\partial^2 V}{\partial x_1 \partial x_2}\,\Delta x_1 \Delta x_2 + \cdots + 2\,\frac{\partial^2 V}{\partial x_{n-1}\partial x_n}\,\Delta x_{n-1}\Delta x_n\right)$$

Si solo se consideran las derivadas parciales primera la aproximación de primer orden queda:

$$\Delta V = \frac{\partial V}{\partial x_1}\,\Delta x_1 + \cdots + \frac{\partial V}{\partial x_n}\,\Delta x_n$$

Es una aproximación válida para los instrumentos derivados cuyos precios son funciones casi lineales de las variables explicativas. Es el caso de los *forwards* y futuros. Sin embargo esta aproximación no es válida para los instrumentos con precios caracterizados por funciones muy convexas, como las opciones y los productos estructurados, dada la componente opcional que suelen incorporar. En ese caso es necesario añadir los términos de segundo orden. Por ejemplo, en el caso de un instrumento derivado que es función de dos variables subyacentes será:

$$\Delta V = \frac{\partial V}{\partial x_1}\,\Delta x_1 + \frac{\partial V}{\partial x_2}\,\Delta x_2 + \frac{1}{2}\,\frac{\partial^2 V}{\partial x_1^2}\,\Delta x_1^2 + \frac{1}{2}\,\frac{\partial^2 V}{\partial x_2^2}\,\Delta x_2^2 + \frac{\partial^2 V}{\partial x_1 \partial x_2}\,\Delta x_1 \Delta x_2$$

2.1. Delta

Delta es una medida de la sensibilidad del precio de un instrumento derivado al cambio de valor de la variable subyacente. Se puede interpretar de forma aproximada mediante el cociente entre la variación del precio del instrumento derivado y la variación del valor de la variable subyacente, cuando ésta última variación es muy pequeña. El parámetro delta se utiliza en los modelos de medición del riesgo de mercado, en la construcción de instrumentos derivados sintéticos y en las operaciones de cobertura de riesgos de mercado.

Las derivadas parciales primera se denominan genéricamente «delta» cuando se refieren a las variables subyacentes. Por ejemplo, suponemos que el precio de un activo derivado depende de un único factor subyacente (tipo de interés, tipo de cambio, precio de una acción,...).

Sea V el precio del activo y S el valor del factor subyacente, $V = V(S)$.

Se denomina delta (δ) a la derivada de V respecto de S, $\delta = \dfrac{\partial V}{\partial S}$.

Numéricamente podemos aproximar delta mediante:

$$\delta = \frac{\Delta V}{\Delta S} = \frac{V(S + \Delta S) - V(S)}{\Delta S}$$

Una aproximación mejor es:

$$\delta = \frac{\Delta V}{\Delta S} = \frac{V(S + \Delta S) - V(S - \Delta S)}{2\Delta S}$$

aunque la primera es suficientemente precisa para muchas de las aplicaciones donde interviene este parámetro.

EJEMPLO 4.1. Cálculo numérico del parámetro delta

Se desea calcular el parámetro delta de una opción barrera *put up and out* con *rebate* cuyo subyacente es una acción. Los datos son:

Precio de la acción $S_0 = 27$ €, precio de ejercicio $E = 26$ €, barrera $B = 30$ €, plazo $T = 256$ días, tipo de interés $r = 4{,}5\%$, tasa de dividendos $q = 3{,}8\%$, volatilidad $\sigma = 28\%$, *rebate* $R = 2$ €.

Mediante el modelo de valoración calculamos los precios para dos valores del activo subyacente $S_1 = 27{,}0005$ y $S_2 = 26{,}9995$, es decir, $2\Delta S = 2 \times 0{,}0005 = 0{,}001$.

Los precios son:

$$C(27{,}0005) = 2{,}694367 \qquad C(26{,}9995) = 2{,}694641$$

El cálculo de delta es:

$$\delta = \frac{C(27{,}0005) - C(26{,}9995)}{2 \times 0{,}0005} = \frac{-0{,}000274}{0{,}001} = -0{,}274$$

2.2. Gamma

El parámetro delta cambia cuando lo hace S. Se define gamma como la derivada de delta respecto de la variable subyacente S, o lo que es equivalente, la derivada segunda de V respecto de S dos veces.

$$\Gamma = \frac{\partial \delta}{\partial S} = \frac{\partial^2 V}{\partial S^2}$$

Numéricamente se puede aproximar gamma mediante:

$$\Gamma = \frac{V(S + 2\Delta S) - 2V(S + \Delta S) + V(S)}{\Delta S^2}$$

2.3. Elasticidad

Se llama elasticidad a la relación entre las variaciones relativas de un activo derivado y el activo subyacente, o en general la relación entre la variación relativa de un precio o cantidad respecto a la variación relativa de otro precio o cantidad.

Elasticidad de la variable y respecto a la variable x:

$$\varepsilon = \frac{\Delta y/y}{\Delta x/x}$$

¿Qué relación tiene la elasticidad con la delta?

$$\varepsilon = \frac{\Delta V/V}{\Delta S/S} = \frac{\Delta V}{\Delta S} \times \frac{S}{V} = \delta \times \frac{S}{V}$$

La relación entre el precio del activo subyacente y el precio del activo derivado se conoce por el nombre de apalancamiento. La elasticidad es el producto del delta por el apalancamiento.

EJEMPLO 4.2. Elasticidad de una opción de compra estándar

Una opción de compra estándar sobre una acción está valorada en $C = 3{,}01$ € cuando el precio de la acción es $S = 26$ €. El delta de la opción es $\delta = 0{,}63785$. Si la acción sube un 1%, el precio de la opción cambiará, según el modelo de valoración, el producto de la elasticidad por 1%.

La elasticidad es:

$$\varepsilon = \delta \times \frac{S}{C} = 0{,}63785 \times \frac{26}{3{,}01} = 5{,}51$$

2.4. Casos particulares de medidas de sensibilidad

2.4.1. Delta de un FRA

En cada fecha de valoración la liquidación virtual o teórica que se obtendría al cerrar el FRA viene dada por:

$$L_t = \frac{Nh(f_t - R_c)}{1 + f_t h}$$

N: Nocional del contrato.
h: Plazo del depósito subyacente.
$f_t = f_{T/T+h}$: Tasa de interés *forward* implícito en t para vencimiento en T y plazo h.
R_c: Tasa de interés del contrato.

El valor razonable es el importe actualizado de la liquidación anterior.

$$VR_t = \frac{1}{1 + R_t(T - t)} L_t = \frac{1}{1 + R_t(T - t)} \frac{N(f_t - R_c)h}{1 + f_t h}$$

donde R_t es el tipo de interés de contado al plazo $T - t$, t es la fecha actual y T es la fecha de referencia, fecha en la que se liquida el contrato.

Consideramos como factor subyacente el tipo de interés *forward*. La delta es la derivada respecto al tipo de interés *forward* f_t.

$$\delta = \frac{\partial VR_t}{\partial f_t}$$

El cálculo de la derivada nos conduce a:

$$\delta = \frac{1}{1 + R_t(T - t)} \frac{Nh(1 + hR_c)}{(1 + fh)^2}$$

EJEMPLO 4.3. Cálculo del parámetro delta de un FRA

Suponemos un FRA comprado de nocional $N = 10$ millones de euros, plazo $h = 90$ días, tipo de interés del contrato $R_c = 4{,}85\%$, tipo *forward* actual $f_t = 4{,}60\%$. Desde la fecha actual hasta la fecha de inicio faltan 30 días y el tipo de interés EURIBOR a dicho plazo es $R_t = 4\%$.

El valor de mercado (a efectos de valoración) es:

$$V = \frac{1}{1 + R_t(T - t)} \frac{Nh(f - R_c)}{1 + fh} =$$

$$= \frac{1}{1 + 4\% \times 30/360} \frac{10.000.000 \times 0{,}25 \times (4{,}60\% - 4{,}85\%)}{1 + 4{,}60\% \times 0{,}25} = -6.158{,}4$$

CAPÍTULO 4

El parámetro delta es:

$$\delta = \frac{1}{1 + R_t(T - t)} \frac{Nh(1 + R_c h)}{(1 + fh)^2} =$$

$$= \frac{1}{1 + 4\% \times 30/360} \frac{10.000.000 \times 0{,}25 \times (1 + 0{,}0485 \times 0{,}25)}{(1 + 0{,}046 \times 0{,}25)^2} = 2.464.888$$

Si el tipo de interés *forward* tiene una variación positiva de un punto básico, $\Delta f = 0{,}0001$, la variación del valor de mercado del FRA será aproximadamente igual a:

$$\Delta V = \delta \times \Delta f = 2.464.888 \times 0{,}0001 = 246{,}5$$

2.4.2. Gamma de un FRA

Teniendo en cuenta el valor de delta obtenido antes:

$$\delta = \frac{1}{1 + R_t(T - t)} \frac{Nh(1 + hR_c)}{(1 + fh)^2} \qquad \Gamma = \frac{d\delta}{df} = -\frac{1}{1 + R_t(T - t)} \frac{2Nh^2(1 + R_c h)}{(1 + fh)^3}$$

La variación en el valor del FRA debido a gamma es:

$$\Delta V_\Gamma = \frac{1}{2}\,\Gamma(\Delta f)^2$$

EJEMPLO 4.4. Cálculo del parámetro gamma de un FRA

Con los datos del ejemplo anterior es:

$$\Gamma = -\frac{1}{1 + 4\% \times 30/360}\,\frac{2 \times 10.000.000 \times 0{,}25^2(1 + 0{,}0485 \times 0{,}25)}{(1 + 0{,}046 \times 0{,}25)^3} =$$

$$= -1.218.432$$

La variación del valor razonable por efecto gamma es:

$$\Delta V_\Gamma = \frac{1}{2}\,\Gamma(\Delta f)^2 = \frac{1}{2} \times (-1.218.432) \times (0{,}0001)^2 = -0{,}0061$$

Como vemos, en este caso es despreciable frente a la variación delta.

2.4.3. Delta de un activo que depende de varios factores subyacentes

Existen instrumentos derivados dependientes de más de una variable subyacente. Por ejemplo, el valor de una permuta de intereses depende en última instancia de la curva de tipos de interés cupón cero, ya que los tipos *forward* se obtienen de dicha curva.

Suponiendo que los tipos de interés cupón cero relevantes son z_1, z_2, ..., z_k tenemos:

$$V = V(z_1, z_2, ..., z_k)$$

Existen, por lo tanto, k deltas:

$$\delta_1 = \frac{\Delta V}{\Delta z_1}, \qquad \delta_2 = \frac{\Delta V}{\Delta z_2}, \; ..., \; \delta_k = \frac{\Delta V}{\Delta z_k}$$

Y la variación del valor de mercado del *swap* es:

$$\Delta V = \delta_1 \Delta z_1 + \delta_2 \Delta z_2 + \cdots + \delta_k \Delta z_k$$

2.4.4. Deltas de un *swap*

Suponemos una permuta de intereses genérica (*vanilla*) que intercambia los flujos de liquidez en las fechas T_1, T_2, ..., T_n medidas desde un origen de tiempos que es la fecha en la que se está valorando el *swap*. El primer pago variable ya está determinado y el tipo de interés lo denominamos v_0. Las distancias temporales entre dos fechas consecutivas se denominan $\Delta_i = T_i - T_{i-1}$. Los precios de los bonos cupón cero a los plazos T_1, T_2, ..., T_n son $G(0, T_i)$ tal que $G(0, T_i) = (1 + z_i)^{-T_i}$ y sea f el tipo de interés fijo pactado en el contrato. Los tipos de interés de la referencia variable se denominan L_i. El valor de la permuta, para el pagador fijo, está dado por la diferencia entre los pagos actualizados de la pata variable y los pagos actualizados de la pata fija:

$$V = \sum_{i=1}^{n} G(0, T_i)L_{i-1}\Delta_i - f \sum_{i=1}^{n} G(0, T_i)\Delta_i$$

El primer tipo de interés variable está dado y es v_0 y los restantes se sustituyen para la valoración por los *forwards* implícitos:

$$L_{i-1}\Delta_i = \frac{G(0,\ T_{i-1})}{G(0,\ T_i)} - 1$$

y sustituyendo en la ecuación de valoración se obtiene:

$$V = G(0, T_1)v_0\Delta_1 + \sum_{i=2}^{n} G(0, T_i)\left(\frac{G(0,\ T_{i-1})}{G(0,\ T_i)} - 1\right) - f \sum_{i=1}^{n} G(0, T_i)\Delta_i$$

CAPÍTULO 4

$$V = G(0, T_i)(1 + v_0\Delta_1) - G(0, T_n) - f \sum_{i=1}^{n} G(0, T_i)\Delta_i$$

Las derivadas parciales de los precios de los bonos cupón cero respecto a los tipos de interés cupón cero tienen la siguiente forma:

$$\frac{\partial G(0,\ T_i)}{\partial z_i} = -T_i(1 + z_i)^{-T_i - 1} = -\frac{T_i G(0,\ T_i)}{1 + z_i}$$

Las derivadas parciales de V respecto a los tipos de interés cupón cero son:

$$\delta_1 = \frac{\partial V}{\partial z_1} = \frac{\partial G(0, T_1)}{\partial z_1}(1 + v_0\Delta_1) - f\frac{\partial G(0, T_1)}{\partial z_1}\Delta_1 = -\frac{T_1 G(0, T_1)}{1 + z_1}(1 + v_0\Delta_1 - f\Delta_1)$$

$$\delta_i = \frac{\partial V}{\partial z_i} = -f\frac{\partial G(0, T_i)}{\partial z_i}\Delta_i = f\frac{T_i G(0, T_i)}{1 + z_i}\Delta_i \qquad i = 2, ..., n-1$$

$$\delta_n = \frac{\partial V}{\partial z_n} = \frac{T_n G(0, T_n)}{1 + z_n} + f\frac{T_n G(0, T_n)}{1 + z_n}\Delta_n = \frac{T_n G(0, T_n)}{1 + z_n}(1 + f\Delta_n)$$

EJEMPLO 4.5. Cálculo de los parámetros delta de una permuta de intereses

El 31 de mayo de 20X7 la entidad F tiene un contrato de permuta de intereses que adquirió hace tres años. El contrato tiene las siguientes características:

— Nocional: 20.000.000 €.

— Intereses: Pagos fijos: 5,0% con liquidación anual el 31 de diciembre de cada año. Cobros variables: Euribor-año con liquidación anual el 31 de diciembre de cada año. Base 360.

— Vencimiento: 31 de diciembre de 20X9.

Se tiene la siguiente información adicional:

— Tipo variable actual (fijado el 31/12/20X6): 4,50%.

— Tipos cupón cero el 31 de mayo de 20X7:

Fecha de vencimiento	Tipo cupón cero
31/12/20X7	4,60%
31/12/20X8 (año bisiesto)	4,65%
31/12/20X9	4,68%

Con la información anterior calculamos los siguientes datos:

$$\Delta_1 = \frac{365}{360} = 1{,}0139 \qquad \Delta_2 = \frac{366}{360} = 1{,}0167 \qquad \Delta_3 = \frac{365}{360} = 1{,}0139$$

$$T_1 = \frac{214}{365} = 0{,}5863 \qquad T_2 = \frac{580}{365} = 1{,}5890 \qquad T_3 = \frac{945}{365} = 2{,}5890$$

$$G(0,\ T_1) = \frac{1}{(1 + 4{,}60\%)^{214/365}} = 0{,}97398$$

$$G(0,\ T_2) = \frac{1}{(1 + 4{,}65\%)^{580/365}} = 0{,}93032$$

$$G(0,\ T_3) = \frac{1}{(1 + 4{,}68\%)^{945/365}} = 0{,}88833$$

Los deltas son:

$$\delta_1 = -\frac{T_1 G(0,\ T_1)}{1 + z_1}(1 + v_0\Delta_1 - f\Delta_1) = -\frac{0{,}5863 \times 0{,}97398}{1 + 4{,}60\%}(1 + (4{,}5\% - 5\%) \times$$
$$\times\ 1{,}0139) = -0{,}5432$$

$$\delta_2 = f\,\frac{T_2 G(0,\ T_2)}{1 + z_2}\,\Delta_2 = 5\%\,\frac{1{,}5890 \times 0{,}93032}{1 + 4{,}65\%} \times 1{,}0167 = 0{,}0718$$

$$\delta_3 = \frac{T_3 G(0,\ T_3)}{1 + z_3}\,(1 + f\Delta_3) = \frac{2{,}5890 \times 0{,}88833}{1 + 4{,}68\%}\,(1 + 5\% \times 1{,}0139) = 2{,}3085$$

Estos valores están calculados sobre un nominal unitario. Si, por ejemplo, la curva de tipos de interés cupón cero se desplaza paralelamente a su posición inicial, el incremento del valor de la permuta por cada punto básico de incremento sería:

$$\Delta V = N \times (\delta_1 + \delta_1 + \delta_1) \times \Delta z =$$

$$= 20.000.000 \times (-0{,}5432 + 0{,}0718 + 2{,}3085) \times 0{,}0001 = 3.674 \text{ €}$$

Pero el desplazamiento paralelo de la curva de tipos de interés es una contingencia particular. Si quisiéramos utilizar la expresión anterior para modelizar el riesgo de mercado de la permuta financiera tendríamos que establecer la hipótesis que rige el comportamiento de los movimientos de la curva.

3. Parámetros de sensibilidad de las opciones

Los parámetros de sensibilidad, en el caso de las opciones, proporcionan la respuesta del cambio del precio de la opción cuando cambia alguna de las variables de las que depende el precio de la opción en el modelo de valoración. Los parámetros de sensibilidad más importantes son: delta, gamma, theta, rho, rho′ y lambda. Como en general existe una fórmula para la obtención del precio de cada opción, los parámetros de sensibilidad se expresan mediante las derivadas parciales del precio de la opción respecto a la variable que define el parámetro.

3.1. Delta

Es la derivada parcial del precio de la opción respecto al precio del activo subyacente. Denominamos V el precio de la opción y S el precio del activo subyacente.

$$\delta = \frac{\partial V}{\partial S}$$

Delta de opciones estándar europeas valoradas mediante el modelo de Black-Scholes

Las derivadas parciales del precio de la *call* y de la *put* respecto al precio del activo subyacente son, respectivamente:

$$\delta_c = \frac{\partial C}{\partial S} = e^{-qT}N(d_1) \qquad \delta_p = \frac{\partial P}{\partial S} = -e^{-qT}N(-d_1)$$

EJEMPLO 4.6. Cálculo de delta de opciones estándar

Suponemos opciones de compra y de venta sobre una acción, definidas para la información siguiente:

Precio de la acción $S_0 = 100$ €, precio de ejercicio $E = 100$ €, plazo $T = 365$ días, tipo de interés $r = 3\%$, tasa de dividendos $q = 4\%$, volatilidad $\sigma = 25\%$.

Con estos datos, $d_1 = 0{,}08500 \qquad N(d_1) = 0{,}5339 \qquad N(-d_1) = 0{,}4661$

El delta de la opción de compra es:

$$\delta_{call} = e^{-qT}N(d_1) = e^{-0{,}04 \times 1} \times 0{,}5339 = 0{,}5129$$

El delta de la opción de venta es:

$$\delta_{put} = -e^{-qT}N(-d_1) = -e^{-0{,}04 \times 1} \times 0{,}4661 = -0{,}4478$$

Si la variación del precio de la acción es «pequeña», por ejemplo $\Delta S = 0{,}01$, podemos esperar que la variación del precio de la opción, calculada mediante el modelo de valoración, sea aproximadamente igual que el producto de delta por la variación del precio de la acción.

El precio de la opción para los datos originales es $C(100) = 9{,}13046$ y el precio para el nuevo valor del subyacente es $C(100, 01) = 9{,}13559$.

La variación del precio de la opción es:

$$\Delta C = 9{,}13559 - 9{,}13046 = 0{,}005130$$

valor muy próximo al producto de delta por la variación del precio de la opción.

$$\delta \times \Delta S = 0{,}5129 \times 0{,}01 = 0{,}005129$$

3.2. Gamma

Es la derivada parcial de delta respecto al precio del subyacente, por lo que también es la derivada parcial segunda del precio de la opción respecto al precio del subyacente.

$$\Gamma = \frac{\partial \delta}{\partial S} = \frac{\partial^2 V}{\partial S^2}$$

Gamma de opciones estándar europeas valoradas mediante el modelo de Black-Scholes

$$\Gamma_c = \Gamma_p = \exp(-qT)\,\frac{1}{S\sigma\sqrt{T}}\,\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\exp(-0{,}5 \times d_1^2)$$

EJEMPLO 4.7. Cálculo de gamma de opciones estándar europeas

Considerando los mismos datos que en el Ejemplo 4.6, el valor de gamma es:

$$\Gamma_{call} = \Gamma_{put} = \exp(-qT)\,\frac{1}{S\sigma\sqrt{T}}\,\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\exp(-0{,}5 \times d_1^2) =$$

$$= e^{-0{,}04\times 1}\,\frac{1}{100 \times 0{,}25 \times \sqrt{1}}\,\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\,e^{-\frac{1}{2}(0{,}08500)^2} = 0{,}015277$$

3.3. Theta

Es la derivada parcial del precio de la opción respecto al tiempo (plazo residual). Los signos de las derivadas parciales pueden ser los opuestos a los que se obtienen en algunos textos de opciones.

$$\theta = \frac{\partial V}{\partial T}$$

Theta de opciones estándar europeas valoradas mediante el modelo de Black-Scholes

$$\theta_c = -Sq\exp(-qT)N(d_1) + Er\exp(-rT)N(d_2) + \frac{S\exp(-qT)\sigma}{2\sqrt{T}}\exp(-0{,}5d_1^2)$$

$$\theta_p = -Sq\exp(-qT)N(-d_1) + Er\exp(-rT)N(-d_2) + \frac{S\exp(-qT)\sigma}{2\sqrt{T}}\exp(-0{,}5d_1^2)$$

EJEMPLO 4.8. Cálculo de theta de opciones estándar europeas

Utilizando los mismos datos que en el Ejemplo 4.6, se obtiene:

$$\theta_{call} = 3{,}987 \quad \text{y} \quad \theta_{put} = 4{,}919$$

La interpretación de los valores obtenidos es la siguiente. La variación del precio de la opción cuando la vida residual disminuye un día, manteniendo constantes las demás variables, es aproximadamente igual que el producto de theta por la variación del plazo expresada en años. Es decir, para la opción de compra es:

$$\text{Si } \Delta T = -\frac{1}{365} \qquad \Delta C = \theta_{call} \times \Delta T = 3{,}987 \times -\frac{1}{365} = -0{,}0109$$

3.4. Lambda (Vega)

Es la derivada parcial respecto la volatilidad.

$$\Lambda = \frac{\partial V}{\partial \sigma}$$

Lambda de opciones estándar europeas valoradas mediante el modelo de Black-Scholes

$$\Lambda_c = \Lambda_p = \exp(-qT)S\sqrt{T}\exp(-0{,}5d_1^2)$$

EJEMPLO 4.9. Cálculo de lambda de opciones estándar europeas

Los valores de lambda de las opciones anteriores son:

$$\Lambda_{call} = \Lambda_{put} = \exp(-qT)S\sqrt{T}\exp(-0{,}5d_1^2) =$$

$$= e^{-0{,}04 \times 1} \times 100 \times \sqrt{1} \times e^{-\frac{1}{2}(0{,}085)^2} = 38{,}192$$

Un aumento de la volatilidad del 1% determina aproximadamente que el precio de las opciones aumente, en este caso, 0,38192.

3.5. Rho

Es la derivada parcial del precio respecto a la tasa de interés.

$$\rho = \frac{\partial V}{\partial r}$$

Rho de opciones estándar europeas valoradas mediante el modelo de Black-Scholes

a) Opciones sobre acciones y divisas:

$$\rho_c = ET\exp(-rT)N(d_2) \qquad \rho_p = -ET\exp(-rT)N(-d_2)$$

b) Opciones sobre futuros:

$$\rho_c = -Tc \qquad \rho_p = -Tp$$

EJEMPLO 4.10. Cálculo de rho de opciones estándar

Seguimos utilizando los mismos datos: precio de la acción $S_0 = 100$ €, precio de ejercicio $E = 100$ €, plazo $T = 365$ días, tipo de interés $r = 3\%$, tasa de dividendos $q = 4\%$, volatilidad $\sigma = 25\%$.

$$d_2 = \frac{\ln\frac{100}{100} + (0{,}03 - 0{,}04 - 0{,}25^2/2) \times 1}{0{,}25\sqrt{1}} = -0{,}16500$$

$$N(d_2) = N(-0{,}16500) = 0{,}4345 \qquad N(-d_2) = 0{,}5655$$

Rho de la opción de compra:

$$\rho_c = ET\exp(-rT)N(d_2) = 100 \times 1 \times e^{-0{,}03 \times 1} \times 0{,}4345 = 42{,}163$$

Rho de la opción de venta:

$$\rho_p = -ET\exp(-rT)N(-d_2) = -100 \times 1 \times e^{-0{,}03 \times 1} \times 0{,}5655 = -54{,}881$$

Un aumento del tipo de interés del 1% aumentará aproximadamente 0,42163 € el precio de la opción de compra y reducirá 0,54881 € el precio de la opción de venta.

CAPÍTULO 4

3.6. Phi o Rho-2

Es la derivada parcial del precio de la opción respecto a la tasa de rendimiento explícito del activo subyacente. En el caso de acciones el rendimiento explícito es la tasa de dividendos y en el caso de opciones sobre una divisa es el tipo de interés de la divisa. Se demuestra que:

Opción de compra:

$$\Phi = \frac{\partial C}{\partial q} = -TSe^{-qT}N(d_1)$$

Opción de venta:

$$\Phi = \frac{\partial P}{\partial q} = TSe^{-qT}N(-d_1)$$

EJEMPLO 4.11. Cálculo de phi de opciones estándar

Consideremos una opción de compra sobre el dólar definida por la información siguiente: tipo de cambio actual $S = 0{,}70$ €/\$, precio de ejercicio $E = 0{,}70$ €/\$, plazo hasta el vencimiento $T = 90$ días, tipo de interés del euro a 90 días $r = 4\%$, tipo de interés del dólar a 90 días $r^* = 5\%$, volatilidad $\sigma = 9\%$, nominal $N = 1.000.000$ \$.

Primero calculamos:

$$d_1 = \frac{\ln\dfrac{0{,}70}{0{,}70} + (0{,}04 - 0{,}05 + 0{,}09^2/2) \times 90/360}{0{,}09\sqrt{90/360}} = -0{,}03283$$

$$N(d_1) = 0{,}4869 \qquad N(-d_1) = 0{,}5131$$

El valor de Φ para una opción de compra es:

$$\Phi = -TSe^{-qT}N(d_1) = -\frac{90}{365} \times 0{,}70 \times e^{-0{,}05 \times 90/365} \times 0{,}4869 = -0{,}0830$$

Un aumento del 1% del tipo de interés del dólar genera una caída del precio de la opción de aproximadamente 830 $.

4. El Valor en Riesgo (VaR) de los instrumentos derivados

4.1. Introducción a Valor en Riesgo (VaR)

La metodología VaR (*Value at Risk*) es una de las herramientas más importantes para la medida y gestión de los riesgos de mercado. Formalmente, el VaR es la medida de la pérdida máxima que se puede producir en una cartera de activos, a un nivel de confianza y un horizonte temporal determinados.

El cálculo del VaR se puede realizar para un único instrumento (una opción, una acción, un bono, una divisa, un FRA,...), para una cartera de instrumentos de la misma familia (cartera de opciones), o distintas familias (cartera de opciones, bonos y divisas), para un operador que gestiona distintas posiciones, para un centro de beneficios o para el conjunto de carteras de una entidad financiera.

En todos los casos es necesario disponer de:

i) Modelos de los cambios aleatorios de los precios de los activos subyacentes. Esta fase es decisiva ya que, según cuál sea la hipótesis realizada, así será el valor numérico para un determinado nivel de confianza.

ii) La sensibilidad de los precios de los activos derivados a los cambios de los precios de los activos subyacentes. El camino natural para calcular esta sensibilidad es mediante la expresión analítica del precio del activo derivado y el cálculo de las «griegas».

iii) Modelos de las posibles relaciones entre los cambios de los precios de los distintos activos subyacentes. Estas relaciones se obtienen en la aproximación más sencilla mediante la matriz de varianzas covarianzas.

iv) Modelos para los cambios de algunos de los parámetros de los modelos anteriores, especialmente de la volatilidad de los precios de los activos subyacentes. Los modelos de volatilidad han ido adquiriendo una complejidad creciente.

v) Métodos de estimación de los parámetros que aparecen en los modelos anteriores (tipo de interés libre de riesgo, volatilidad, tasa de dividendos, etcétera).

vi) La metodología adecuada para contrastar los modelos y los resultados obtenidos de medición de los riesgos.

4.2. Modelos del riesgo

Existe un conjunto de modelos básicos para calcular el riesgo de los activos subyacentes. Lo que se busca es una determinada función de densidad de probabilidad de los rendimientos. De ese modo se pueden realizar ejercicios de inferencia estadística, que es en última instancia a lo que se reduce el VaR. Generalmente se parte de la distribución normal, bien utilizándola como modelo o bien tomándola como modelo de comparación. Obtenidas distribuciones muestrales de los rendimientos de un activo, el primer paso suele ser el test estadístico de normalidad. En el caso de rechazarse la hipótesis nula se investiga otra distribución que ofrezca un mejor ajuste. El comportamiento de las colas de la distribución es uno de los temas críticos, ya que en esa zona está el riesgo, además de la estimación de las matrices de varianzas-covarianzas de los rendimientos de los diferentes activos.

4.2.1. Valor en riesgo (VaR)

Representamos mediante V el valor de mercado de un activo o de una cartera.

Sea $\Delta V(h) = V(t + h) - V(t)$ el cambio de valor de una cartera desde una fecha t hasta una fecha $t + h$, es decir, en un horizonte h.

Supongamos que la función de distribución de $\Delta V(h)$ es conocida y la denominamos $F_h(x)$.

Definimos el Valor en Riesgo (VaR) de una posición larga, para un horizonte h, y con una probabilidad p, como el valor de $\Delta V(h)$ que verifica:

$$p = \text{Prob}\,[\Delta V(h) \leqslant \text{VaR}] = F_h(\text{VaR})$$

Para una posición corta será:

$$p = \text{Prob}\,[\Delta V(h) > \text{VaR}] = 1 - \text{Prob}\,[\Delta V(h) \leqslant \text{VaR}] = 1 - F_h(\text{VaR})$$

Para una posición larga lo anterior equivale a hallar el valor de $\Delta V(h)$ que verifica

$$\text{VaR} = \inf\,\{\Delta V(h) | F_h(\Delta V(h)) \geqslant p\}$$

Se trata de hallar el valor del cuantil de una distribución conocida para una probabilidad p. El problema se da cuando la función de distribución de $\Delta V(h)$ no es conocida, por lo que se carece *a priori* de la función de distribución $F_h(\Delta V(h))$.

Por lo tanto, el cálculo del VaR es el resultado de las siguientes etapas:

1. La identificación de la función de distribución de $\Delta V(h)$.

2. La estimación de los parámetros de la distribución elegida.

3. El cálculo del p-cuantil.

Resultados diferentes de la identificación y/o diferentes métodos para estimar los parámetros de la función de distribución seleccionada, conducirán a diferentes valores de VaR. En esencia el VaR es una predicción de las pérdidas de la cartera con un horizonte temporal determinado, y con un nivel de confianza arbitrario $(1 - p)$. Toda predicción implica incertidumbre en la estimación de los parámetros, lo que debería trasladarse al VaR, aunque en general los métodos empleados ignoran este extremo.

4.2.2. Métodos paramétricos

En los modelos paramétricos para el cálculo del VaR, se supone que las pérdidas siguen una determinada distribución de probabilidad. Si llamamos $\tilde{P}_t$ a la variable aleatoria que representa las pérdidas de la cartera, cuya función de distribución es conocida, la obtención del VaR a un horizonte T y para un nivel de confianza α se reduce al problema trivial de obtener el valor crítico P^*_{t+T} de las pérdidas, que es aquel que verifica la ecuación:

$$\text{Prob}_F\{\tilde{P}_{t+T} \leqslant P^*_{t+T}\} = 1 - \alpha$$

En esta expresión están contenidos todos los elementos de un modelo de riesgo.

$\tilde{P}_t$: Variable aleatoria cuyas realizaciones son las pérdidas de la cartera.

t: Fecha actual.

T: Horizonte temporal de medición del riesgo.

α: Nivel de confianza.

F: Función de distribución de la variable aleatoria pérdidas de la cartera.

P^*_{t+T}: VaR, importe del riesgo, para el horizonte elegido T y al nivel de confianza α.

El problema deja de ser trivial cuando relajamos la hipótesis de que la función de distribución es conocida. La aplicación de un modelo paramétrico tiene como primera etapa la investigación de la función de distribución más adecuada. Hay que distinguir dos niveles; el primero se refiere a los activos individuales y el segundo a la agregación de los riesgos. La distribución conjunta de varias variables tiene un mayor nivel de complejidad en todos los sentidos: desde la identificación de los procesos hasta la estimación de los parámetros, el contraste de los resultados obtenidos y los cálculos numéricos. Por este motivo la atención se centra fundamentalmente en la obtención de modelos paramétricos para activos individuales. Una de las razones del éxito práctico de la distribución normal es que tiene muy bien resueltos todos esos problemas, tanto para el caso univariante como para el multivariante.

Al aceptar la existencia de un determinado modelo aleatorio para representar las pérdidas de la cartera en la gestión se introduce un nuevo elemento de riesgo. Se trata del riesgo del modelo. Como todo riesgo, expresa la pérdida que se puede producir debido a un comportamiento de los precios en términos diferentes a las pautas establecidas por el modelo. Este riesgo existe tanto en el caso de que el modelo infravalore los riesgos como en el caso de que los sobrevalore. La medida del VaR sirve para tomar decisiones de gestión, tales como la amplitud de las posiciones de negociación, la asignación de los recursos de capital o la medición de los rendimientos ajustados al riesgo. Por lo tanto, los errores del modelo están afectando a las decisiones de gestión en un amplio sentido.

5. Casos particulares de VaR

5.1. VaR normal

Suponemos que la rentabilidad del activo se distribuye según una variable aleatoria normal que es la hipótesis más utilizada en la práctica.

En el caso de un único activo, cuyo precio es P_0 y del que se tiene N unidades, el valor de mercado de la cartera es $V_0 = NP_0$.

La variación del valor de la cartera entre la fecha actual 0, y la fecha t, es:

$$V_t - V_0 = N(P_t - P_0)$$

Para los cálculos resulta más cómodo trabajar con las variaciones relativas que con las absolutas, por lo que escribimos:

$$\frac{V_t - V_0}{V_0} = \frac{N(P_t - P_0)}{V_0} = \frac{N(P_t - P_0)}{NP_0} = \frac{P_t - P_0}{P_0}$$

Introducimos la hipótesis básica de esta aproximación.

La rentabilidad del activo se distribuye como una normal con media nula y varianza σ^2.

$$\frac{P_t - P_0}{P_0} \sim N(0, \sigma^2)$$

La variación relativa de la cartera tiene la misma distribución. Elegido un nivel de confianza α, el valor crítico de V_t, que corresponde a una probabilidad $1 - \alpha$, se obtiene fácilmente ya que dividiendo por la desviación típica σ tenemos una distribución normal estándar. Sea $z^{-1}(1-\alpha) = k(\alpha)$ los valores que corresponden en dicha normal estándar al nivel α elegido. Los valores de $z^{-1}(1-\alpha)$ para los niveles de confianza más habituales aparecen en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1. Valores de $k(\alpha)$.

α	$k(\alpha)$
95%	1,645
99%	2,33
99,9%	3,1

Se verifica que la rentabilidad correspondiente a un determinado nivel de confianza es el producto de $k(\alpha)$ por la desviación típica.

$$\frac{V_t^* - V_0}{V_0} = k(\alpha)\sigma$$

El VaR es la variación del valor de la cartera que corresponde al nivel de confianza elegido:

$$\text{VaR}\,(\alpha) = V_t^* - V_0 = V_0 k(\alpha)\sigma$$

La volatilidad σ siempre es la volatilidad de la rentabilidad en el horizonte temporal t, y suele expresarse en función de la rentabilidad calculada con datos diarios. En ese caso, aceptando la regla para agregar volatilidades:

$$\sigma = \sigma_1\sqrt{t}$$

donde σ_1 representa la volatilidad calculada con frecuencia diaria. Para no cargar la notación representamos sin subíndice dicha volatilidad y de ese modo el VaR queda:

$$\text{VaR}\,(\alpha) = V_0 k(\alpha)\sigma\sqrt{t}$$

El VaR aparece como una función sencilla de cuatro variables: el valor actual de la cartera o importe en riesgo; el parámetro que depende del nivel de confianza elegido bajo la hipótesis de normalidad; la volatilidad de la rentabilidad, σ, y la raíz cuadrada del tiempo, $\sqrt{t}$.

5.2. VaR de un FRA

Utilizando la aproximación delta la variación del valor del contrato es aproximadamente igual que el producto de delta por la variación del tipo de interés *forward*: $\Delta V = \delta \Delta f$.

El cálculo del VaR gravita sobre la modelización de Δf.

Bajo la hipótesis de normalidad (incondicional o condicional) llegamos a que el VaR es:

$$\text{VaR} = \delta \Delta f^* = \delta k(\alpha) \hat{\sigma}_{\Delta f} \sqrt{T}$$

5.3. VaR de una permuta de intereses

El precio viene dado por:

$$P = \sum_{i=1}^{p} G(T_i) F_v(T_i) - \sum_{j=1}^{q} G(T_j) F_f(T_j)$$

$G(T_i)$: Factor de actualización para la fecha T_i.

$F_V(T_i)$: Flujo variable en la fecha T_i.

$G(T_j)$: Factor de actualización para la fecha T_j.

$F_f(T_j)$: Flujo fijo en la fecha T_j.

Pero finalmente el precio es función de las tasas de interés cupón cero a los plazos relevantes.

$$P = P(z_1, z_2, ..., z_k)$$

$$\Delta P = \delta_1 \Delta z_1 + \cdots + \delta_k \Delta z_k$$

El problema queda reducido a la modelización del vector $(\Delta z_1 \quad L \quad \Delta z_k)$.

Si se acepta la hipótesis de distribución normal multivariante con matriz de varianzas-covarianzas Ω, el VaR viene dado por:

$$\text{VaR} = k(\alpha)\sqrt{\delta' \Omega \delta}\sqrt{T} \qquad \delta' = (\delta_1, \delta_2, ..., \delta_k)$$

5.4. VaR de una permuta de divisas

La expresión del precio es:

$$P = \sum_{i=1}^{p} G(T_i) F_1(T_i) - e \sum_{j=1}^{q} G^*(T_j) F_2^*(T_j)$$

$G(T_i)$: Factor de actualización para la fecha T_i.

$F_1(T_i)$: Flujo nominado en la divisa 1 en la fecha T_i.

$G(T_j)$: Factor de actualización para la fecha T_j.

$F_2^*(T_j)$: Flujo nominado en la divisa 2 en la fecha T_j.

e: Tipo de cambio expresado en unidades de la divisa 1 por una unidad de la divisa 2.

El precio es función de los tipos de interés cupón cero a los plazos relevantes de la divisa 1, de la divisa 2 y del tipo de cambio.

$$P = P(z_{11}, z_{12}, ..., z_{1k}; z_{21}, z_{22}, ..., z_{2k}; e)$$

$$\Delta P = \delta_{11}\Delta z_{11} + \delta_{12}\Delta z_{12} + \cdots + \delta_{1k}\Delta z_{1k} + \delta_{21}\Delta z_{21} + \delta_{22}\Delta z_{22} + \cdots + \delta_{2k}\Delta z_{2k} + \delta_e \Delta e$$

El proceso continúa como en el caso de la permuta de intereses, incorporando la matriz de varianzas-covarianzas de las variaciones de tasas de interés cupón cero y la tasa de cambio.

5.5. VaR del tipo de cambio a plazo

Vamos a realizar el análisis utilizando la expresión del tipo de cambio a plazo para operaciones a corto plazo en las que se utiliza interés simple. El tipo de cambio a plazo viene dado por:

$$e_{0T} = e_0 \frac{1 + rT}{1 + yT}$$

donde e_{0T} es el tipo de cambio a plazo, e_0 es el tipo de cambio de contado, r es el tipo de interés de la moneda «doméstica» e y es el tipo de interés de la moneda «extranjera», siendo T el plazo.

Tomando logaritmos, derivando y utilizando la aproximación del incremento a la derivada, resulta:

$$\frac{\Delta e_{0T}}{e_{0T}} = \frac{\Delta e_0}{e_0} + \frac{T}{1 + rT}\Delta r - \frac{T}{1 + yT}\Delta y$$

Para simplificar la notación denominamos:

σ^2_{eT}: La varianza de la rentabilidad del tipo de cambio a plazo.

σ^2_{e}: La varianza de la rentabilidad del tipo de cambio contado.

$\delta_r = \frac{T}{1 + rT}$: Delta del tipo de interés r.

$\delta_y = -\frac{T}{1 + yT}$: Delta del tipo de interés y.

ρ_{er}: Coeficiente de correlación entre la rentabilidad del tipo de cambio de contado y la variación del tipo de interés r.

ρ_{ey}: Coeficiente de correlación entre la rentabilidad del tipo de cambio de contado y la variación del tipo de interés y.

ρ_{ry}: Coeficiente de correlación entre la variación del tipo de interés r y la variación del tipo de interés y.

La expresión del VaR normal teniendo en cuenta lo anterior es:

$$\text{VaR} = N \times k(\alpha) \times \sqrt{\sigma_e^2 + \delta_r^2\sigma_r^2 + \delta_y^2\sigma_y^2 + 2\rho_{er}\delta_r\sigma_e\sigma_r + 2\rho_{ey}\delta_y\sigma_e\sigma_y + 2\rho_{ry}\delta_r\delta_y\sigma_r\sigma_y} \times \sqrt{H}$$

5.6. VaR de futuros sobre bonos

El precio a plazo de un bono es:

$$P_{0T} = P_0(1 + rT)$$

siendo P_0 el precio del bono al contado, T el plazo del futuro y r la tasa de interés al plazo T. Considerando únicamente la variación debida al precio del bono al contado, se verifica que:

$$\Delta P_{0T} = \Delta P_0(1 + rT) \qquad \Delta P_0 = -\frac{DP_0}{1 + y}\Delta y \qquad \Delta P_{0T} = -\frac{DP_0(1 + rT)}{1 + y}\Delta y$$

$$\text{VaR} = \frac{DP_0(1 + rT)}{1 + y} k(\alpha)\hat{\sigma}_{\Delta y}\sqrt{H}$$

6. Riesgo de mercado de opciones

CAPÍTULO 4

Supongamos que tenemos un modelo analítico de valoración de una determinada opción. Representamos, sin pérdida de generalidad, por V el precio de la opción y, sean S el precio del activo subyacente, σ la volatilidad, r el tipo de interés del activo libre de riesgo y q la tasa de los «dividendos» recibidos por la posesión del activo subyacente. Este concepto se entiende en sentido amplio de tal modo que, en el caso de una opción sobre divisas, q representa el tipo de interés r^* de la divisa, y en el caso de una mercancía, q es una tasa negativa representativa de los costes de almacenamiento. Para una acción, q es estrictamente la tasa de los dividendos recibidos por la acción. Será:

$$V = V(S, \sigma, r, q, T)$$

El incremento de V se puede obtener desarrollando en serie hasta los términos de segundo grado, considerando despreciable el resto.

$$\Delta V = V_S\Delta S + V_\sigma\Delta\sigma + V_r\Delta r + V_q\Delta q + V_T\Delta T +$$

$$+\frac{1}{2}(V_{SS}\Delta S^2 + V_{\sigma\sigma}\Delta\sigma^2 + V_{rr}\Delta r^2 + V_{qq}\Delta q^2 + V_{TT}\Delta T^2 + 2V_{S\sigma}\Delta S\Delta T + L + 2V_{rT}\Delta r\Delta T)$$

Conservamos únicamente los términos ΔS, $\Delta\sigma$, Δr, ΔS^2.

$$\Delta V = V_S\Delta S + V_\sigma\Delta\sigma + V_r\Delta r + \frac{1}{2}V_{ss}\Delta S^2$$

y recordando que:

$$V_S = \delta \qquad V_\sigma = \Lambda \qquad V_r = \rho \qquad V_{SS} = \Gamma$$

$$\Delta V = \delta \Delta S + \Lambda \Delta \sigma + \rho \Delta r + \frac{1}{2}\,\Gamma(\Delta S)^2$$

La variación del precio del instrumento derivado es una función cuadrática de la variación del precio del activo subyacente y una función lineal de la variación de la volatilidad y del tipo de interés.

Una primera aproximación es considerar únicamente la variación del precio debida a la variación del precio del subyacente. Es decir:

$$\Delta V = \delta \times \Delta S$$

El cálculo efectivo del delta depende del tipo de opción y del modelo de valoración utilizado. El VaR de la opción se vincula al VaR del activo subyacente, ya que es:

$$\text{VaR(opción)} = \delta \times \text{VaR(subyacente)}$$

6.1. El VaR delta-gamma

Vamos a considerar únicamente la variación del precio del activo subyacente:

$$\Delta V = \delta \Delta S + \frac{1}{2}\,\Gamma(\Delta S)^2$$

Bajo la hipótesis de que la variación relativa del precio del activo subyacente, $\Delta S/S$, sigue una distribución normal de media cero y desviación típica σ, se verifica que el valor crítico de ΔS para un nivel de confianza α y un horizonte de h días es $\Delta S^* = k(\alpha) S\sigma\sqrt{h}$.

Vamos a aplicar este resultado para el cálculo del VaR de una opción de compra estándar europea en una posición larga. En ese caso el riesgo está determinado por una caída del precio del subyacente, es decir, $\Delta S^* < 0$.

La variación extrema del precio de la opción es:

$$\Delta V^* = -\delta \Delta S^* + \frac{1}{2}\,\Gamma(\Delta S^*)^2 = -\delta k(\alpha) S\sigma\sqrt{h} + \frac{1}{2}\,\Gamma(k(\alpha) S\sigma\sqrt{h})^2$$

Como el VaR se mide en valor absoluto, queda:

$$\text{VaR} = |\Delta V^*| = \delta k(\alpha) S\sigma\sqrt{h} - \frac{1}{2}\,\Gamma k(\alpha)^2 S^2 \sigma^2 h$$

EJEMPLO 4.12. Del cálculo del VaR de una posición en opciones de compra estándar

Información: 30.000 opciones de compra estándar europeas compradas, precio del activo subyacente $S = 30$ €, precio de ejercicio $E = 27$ €, vencimiento $T = 120$ días, tipo de interés $r = 5\%$, tasa de dividendos $q = 0$, volatilidad anualizada $\sigma = 28\%$.

Vamos a calcular el VaR a horizonte de 10 días y nivel de confianza del 95%. Suponemos que la volatilidad diaria del subyacente a corto plazo es $\sigma = 1{,}5\%$.

Calculamos el precio de la opción mediante el modelo de Black-Scholes y los parámetros delta y gamma.

$$d_1 = \frac{\ln\frac{30}{27} + (0{,}05 + 0{,}28^2/2) \times \frac{120}{365}}{0{,}28\sqrt{120/365}} = 0{,}83892$$

$$d_2 = 0{,}83892 - 0{,}28 \times \sqrt{120/365} = 0{,}67838$$

$$N(d_1) = 0{,}79924 \qquad N(d_2) = 0{,}75123$$

$$C = 30 \times 0{,}79924 - 27 \times e^{-0{,}05 \times 120/365} \times 0{,}75123 = 4{,}02471$$

$$\delta = 0{,}79924 \qquad \Gamma = 0{,}058259$$

El incremento del precio de la acción es:

$$\Delta S = -1{,}65 \times 30 \times 1{,}5\% \times \sqrt{10} = -2{,}3480$$

El VaR delta es:

$$\text{VaR}_{\text{delta}} = 0{,}79924 \times 30.000 \times 2{,}3480 = 56.299 \text{ €}$$

El VaR delta-gamma es:

$$\text{VaR}_{\text{delta-gamma}} = 56.299 - 0{,}5 \times 0{,}058259 \times (2{,}3480)^2 = 51.481 \text{ €}$$

También podemos calcular el VaR por el denominado método global. Consiste simplemente en calcular el precio de la opción para el nuevo precio de la acción sobre la base de un nivel de confianza del 95%. El precio del activo subyacente sería:

$$S_t = 30 - 2{,}3480 = 27{,}652$$

y el VaR es:

$$\text{VaR} = 30.000 \times (30 - 27{,}652) = 50.704 \text{ €}$$

7. Modelos de volatilidad para la estimación del VaR

Para el cálculo del VaR se necesita estimar la volatilidad (desviación típica de las rentabilidades) para el horizonte de medición del riesgo. Se trata de una volatilidad a corto plazo que no hay que confundir con la estimación de la volatilidad para utilizarla en los modelos de valoración de opciones.

RiskMetrics utiliza el modelo llamado EWMA[1] para la obtención de las volatilidades, covarianzas y correlaciones. EWMA es una media móvil ponderada con pesos que son potencias decrecientes de un factor constante, que asigna más peso a las observaciones más recientes.

RiskMetrics asigna el valor cero a la media de las rentabilidades, considerando que en un horizonte de corto plazo es un término despreciable frente a los efectos de varianza.

Define la varianza condicional en t para $t + 1$, es decir, con datos diarios, el día siguiente, mediante:

$$\sigma^2_{t+1/t} = (1 - \lambda) \sum_{i=0}^{\infty} \lambda^i R^2_{t-i}$$

siendo λ un parámetro del que es necesario determinar su valor mediante algún criterio de optimización.

En la expresión anterior se puede observar como la varianza es función de los cuadrados de las rentabilidades históricas, ponderadas por un factor variable que decrece con la antigüedad de la observación. Desarrollando la suma se tiene:

$$\sigma^2_{t+1|t} = (1 - \lambda) \sum_{i=0}^{\infty} \lambda^i R^2_{t-i} = (1 - \lambda)(R^2_t + \lambda R^2_{t-1} + \lambda^2 R^2_{t-2} + \cdots) = (1 - \lambda)R^2_t +$$

$$+ \lambda(1 - \lambda)(R^2_{t-1} + \lambda R^2_{t-2} + \lambda^2 R^2_{t-3} + \cdots) = (1 - \lambda)R^2_t + \lambda\sigma^2_{t|t-1}$$

$$\sigma^2_{t+1|t} = (1 - \lambda)R^2_t + \lambda\sigma^2_{t|t-1}$$

Mediante la última expresión observamos que la varianza futura es igual a lambda veces la volatilidad del día anterior, más el cuadrado de la rentabilidad del día por uno menos lambda. De este modo, si hoy la rentabilidad es alta, esta induce un aumento de la volatilidad estimada para mañana.

La ecuación anterior acerca a la expresión de la varianza a los modelos GARCH, en particular a los IGARCH. RiskMetrics establece en $\lambda = 0{,}94$ el valor que considera óptimo para el caso de datos diarios y 0,97 para datos mensuales.

Cuando el horizonte temporal es mayor que un día se obtiene la siguiente expresión de la varianza de la rentabilidad en un plazo de T días, desde la fecha actual t.

$$\sigma^2_{t+T|t} = T\sigma^2_{t+1|t}$$

[1] *Exponentially weighted moving average.*

por lo que la volatilidad sigue la regla de la raíz cuadrada:

$$\sigma_{t+T|t} = \sqrt{T}\sigma_{t+1|t}$$

Para el cálculo de las covarianzas y el coeficiente de correlación, RiskMetrics realiza un planteamiento similar.

La definición de la covarianza condicional a la información en t, entre las rentabilidades de dos activos, llamados 1 y 2, con horizonte unidad, es:

$$\sigma_{12,t+1|t} = (1-\lambda)\sum_{i=0}^{\infty}\lambda^i R_{1,t-i}R_{2,t-i}$$

Mediante un razonamiento similar al caso de la varianza se puede desarrollar la expresión anterior, separando un primer término, y sacando factor común el parámetro lambda. Nos queda:

$$\sigma_{12,t+1|t} = (1-\lambda)\sum_{i=0}^{\infty}\lambda^i R_{1,t-i}R_{2,t-i} = (1-\lambda)R_{1,t}R_{2,t} +$$

$$+\lambda(1-\lambda)(R_{1,t-1}R_{2,t-1} + \lambda R_{1,t-2}R_{2,t-2} + \cdots) = (1-\lambda)R_{1,t}R_{2,t} + \lambda\sigma_{12,t|t-1}$$

$$\sigma_{12,t+1|t} = (1-\lambda)R_{1,t}R_{2,t} + \lambda\sigma_{12,t|t-1}$$

El coeficiente de correlación lineal es el resultado de los cálculos anteriores. Será:

$$\rho_{12,t+1|t} = \frac{\sigma_{12,t+1|t}}{\sigma_{1,t+1|t}\sigma_{2,t+1|t}}$$

La covarianza para un horizonte de T días se calcula mediante:

$$\sigma_{12,t+T|t} = T\sigma_{12,t+1|t}$$

El coeficiente de correlación para un horizonte de T días coincide con el coeficiente de correlación a horizonte un día.

$$\rho_{12,t+T|t} = \frac{\sigma_{12,t+T|t}}{\sigma_{1,t+T|t}\sigma_{2,t+T|t}} = \frac{T\sigma_{12,t+1|1}}{\sqrt{T}\sigma_{1,t+1|t}\sqrt{T}\sigma_{2,t+1|t}} = \rho_{12,t+1|t}$$

capítulo

5

Coberturas y opciones sintéticas

ÍNDICE

1. Introducción
2. Cobertura del riesgo de mercado
3. Cobertura de flujos de efectivo
4. Cobertura del riesgo de mercado de una acción mediante un contrato de futuros sobre la acción
5. Cobertura del riesgo de mercado de acciones con futuros sobre un índice bursátil
6. Cobertura delta
7. Cobertura con futuros sobre bonos
8. Cobertura global de una cartera de *swaps*
9. Cobertura con opciones de una posición larga en el subyacente
10. Cobertura con opciones de una posición corta en el subyacente
11. Modelos de cobertura delta
    - 11.1. Cobertura con opciones de una posición larga en el subyacente
    - 11.2. Cobertura con opciones de una posición corta en el subyacente
    - 11.3. Cobertura delta de una posición en opciones de venta con acciones
12. Opciones sintéticas
    - 12.1. Construcción de opciones sintéticas de compra
    - 12.2. Construcción de una opción sintética de venta para cubrir una posición larga en acciones
    - 12.3. Cobertura de una posición larga con una opción de venta sintética
13. Riesgos operacionales de la cobertura dinámica con opción sintética
14. Cobertura delta-gamma

1. Introducción

Los instrumentos financieros son instrumentos portadores de riesgos como se ha analizado en el capítulo anterior. Los gestores deben decidir qué grado de exposición al riesgo están dispuestos a tolerar, dado que buscan rentabilidades mayores que las obtenidas en los instrumentos de bajo riesgo. La contrapartida a una mayor rentabilidad esperada es la asunción de un determinado nivel de riesgo que puede terminar originando una pérdida o una rentabilidad positiva pero menor que la esperada.

El grado de exposición se consigue tanto mediante la adopción de posiciones largas y cortas como con la modulación del riesgo utilizando instrumentos derivados. La primera posibilidad, combinación de posiciones largas y cortas, en muchas ocasiones no es factible operativamente. En algunas circunstancias se desea, temporalmente, reducir o anular el riesgo que previamente se ha tomado. Este tipo de operación se denomina genéricamente «coberturas», que es un concepto muy amplio dada la diversidad de formas que puede adoptar, y los derivados son instrumentos muy útiles para el diseño de coberturas financieras. Para los riesgos de mercado los instrumentos indicados son los *forward*, futuros, *swaps* y opciones, y para el riesgo de crédito los derivados de crédito.

Las decisiones sobre la puesta en práctica de una cobertura y su grado son decisiones muy relevantes que exigen un detenido análisis de las contingencias posibles y su valoración. La gestión de los riesgos incluye como elemento central las decisiones de cobertura, tanto la decisión de no realizarla como en caso afirmativo el grado de exposición al riesgo que se desea. Las coberturas son operaciones complejas, más allá del caso de un único instrumento y la asignación de un único derivado que actúa simétricamente. Las coberturas deben documentarse para que se expliciten las razones de su realización, los instrumentos cubiertos, los instrumentos de cobertura, los importes, el horizonte adoptado y la documentación tanto teórica como práctica sobre la eficacia esperada de la cobertura.

Las coberturas generan importantes riesgos operacionales en el ámbito del diseño, respuestas esperadas y reglas operativas.

2. Cobertura del riesgo de mercado

Se consigue realizar una cobertura del riesgo de mercado de un único instrumento, o de una cartera, mediante una nueva posición en uno o varios derivados (instrumentos de cobertura), de tal modo que las variaciones negativas (positivas) de los precios de los instrumentos cubiertos se compensen, total o parcialmente, con las variaciones positivas (negativas) de los instrumentos de cobertura. En muchos casos se trata únicamente de un instrumento cubierto y un único instrumento de cobertura.

La cobertura se llama «perfecta» si la posición inicial queda totalmente inmunizada, y cualquier variación positiva o negativa del instrumento (o instrumentos) a cubrir queda exactamente neutralizada por la variación de signo opuesto del instrumento (o instrumentos) de cobertura. La realización de una cobertura perfecta no siempre es posible, por las razones siguientes:

a) La no coincidencia del instrumento cubierto con el instrumento de cobertura. Por ejemplo, la cobertura del riesgo de mercado de una acción con derivados sobre un índice bursátil o la cobertura de una cartera de bonos con futuros en un mercado organizado en los que el subyacente negociado es un bono nocional. Estamos ante un riesgo operacional denominado «riesgo de correlación».

b) La no coincidencia del vencimiento de la cobertura con el vencimiento del instrumento derivado. Este tipo de riesgo operacional se denomina «riesgo de base».

c) La no coincidencia del importe teórico de los contratos de instrumentos derivados de cobertura con los negociados para implementar la cobertura debido a que estos tienen que contratarse en unidades enteras. En este caso este riesgo operacional se denomina «riesgo de discretización».

3. Cobertura de flujos de efectivo

Muchos instrumentos financieros están referenciados a tipos de interés variables. Los casos más típicos son los préstamos y líneas de Tesorería a tipo de interés variable, LIBOR y EURIBOR, y los bonos con cupones indiciados a dichos tipos de interés. Estos instrumentos tienen un limitado riesgo de mercado, dado que la indiciación de los flujos es un factor compensador de los cambios de los tipos de interés cupón cero que, vía factores de descuento, afectan al valor de mercado de los instrumentos financieros. Pero en este caso el riesgo se materializa en la desviación que puede existir entre el flujo de efectivo esperado y el real. Flujo a pagar si el instrumento es un pasivo o a recibir si se trata de un activo.

Una cobertura de flujos de efectivo se puede implementar mediante la contratación de instrumentos a plazo (FRA, *swaps*, futuros) que básicamente intercambian flujos de efectivo variables por flujos de efectivo fijos.

4. Cobertura del riesgo de mercado de una acción mediante un contrato de futuros sobre la acción

i) Suponemos que el horizonte de la cobertura coincide con el vencimiento del contrato de futuros

Sea N el número de acciones a cubrir y S_0 el precio de la acción. El Reglamento del mercado organizado de futuros define el número n de acciones que corresponde a la unidad elemental de contratación: un contrato. El número de contratos de la cobertura N_F verifica la ecuación $N_F \times n = N$. La solución puede que no sea un número entero y, como consecuencia de ello, se genera el riesgo de discretización.

La cobertura se consigue vendiendo contratos de futuros dado que, si el precio de la acción baja, la liquidación del contrato de futuros es ventajosa para el vendedor y si, por el contrario, el precio de la acción sube, la liquidación es negativa para el vendedor de futuros.

La cartera inicial, formada por las acciones y los contratos de futuros, tiene el valor de mercado $V_0 = NS_0$, porque suponemos que la contratación de los futuros no ha implicado ningún desembolso, y en el vencimiento la cartera vale la suma de la valoración de las acciones y la liquidación de los contratos de futuros. Sea F_{0T} el precio negociado en la venta de contratos de futuros inicial. En el vencimiento el futuro coincide con el contado, por lo que $F_{TT} = S_T$.

$$V_T = NS_T - N_F n(F_{TT} - F_{0T}) = NS_T - N_F n(S_T - F_{0T})$$

La variación de la cartera es:

$$V_T - V_0 = NS_T - N_F n(S_T - F_{0T}) - NS_0 = N(S_T - S_0) - N_F n(S_T - F_{0T})$$

El primer sumando $N(S_T - S_0)$ es la variación del valor del instrumento cubierto y el segundo sumando $-N_F n(S_T - F_{0T})$ es la liquidación de los contratos de futuros. Si suponemos que $N_F \times n = N$, queda $V_T - V_0 = N(F_{0T} - S_0)$, y si el precio futuro negociado en el inicio coincide con el precio que impide el arbitraje, será[1] $F_{0T} = S_0(1 + (r - q)T) = S_0 + S_0(r - q)T$. Con esta hipótesis la variación del valor de la cartera es:

$$V_T - V_0 = NS_0(r - q)T$$

Pero, por último, si tenemos en cuenta el coste de financiación de las acciones durante el tiempo de cobertura y el rendimiento obtenido por dividendos, podemos conseguir que la variación de la cartera sea nula.

$$V_T - V_0 = NS_0(r - q)T - NS_0 rT + NS_0 qT = 0$$

El objetivo del desarrollo teórico anterior es poner en evidencia las hipótesis y los convenios de contabilización analítica que hay que establecer para conseguir una cobertura perfecta. Por lo general las hipótesis anteriores no se cumplen. Esto no quiere decir que las coberturas no sean útiles, sino que lo más frecuente es que las coberturas consigan un determinado grado de eficacia, pero no la perfección.

[1] Suponemos capitalización simple para el tipo de interés r y para la tasa de rentabilidad por dividendos.

ii) Suponemos que el horizonte de la cobertura no coincide con el vencimiento del contrato de futuros

La notación es la misma que en el caso anterior, pero ahora la diferencia es que la cobertura se cierra antes de llegar al vencimiento del contrato de futuros.

La variación del valor de la cartera es:

$$V_t - V_0 = NS_t - N_F n(F_{tT} - F_{0T}) - NS_0 = N(S_t - S_0) - N_F n(F_{tT} - F_{0T})$$

Si el mercado es relativamente eficiente respecto a la formación de los precios del futuro, el precio F_{tT} tiene una relación estrecha con el precio de la acción. El precio que impide el arbitraje es:

$$F^*_{tT} = S_t(1 + (r - q)(T - t)) = S_t + S_t(r - q)(T - t)$$

pero en el mercado la formación del precio también responde a factores de oferta y demanda que pueden desviar el precio del futuro del precio teórico señalado.

EJEMPLO 5.1. De cobertura del riesgo de mercado de una acción con contratos de futuros sobre las acciones

El número de acciones es $N = 325.280$, el precio de la acción es $S_0 = 26$ €, el tipo de interés libre de riesgo es $r = 4\%$, la tasa de dividendos es $q = 1{,}5\%$, el futuro vence dentro de 90 días y el número mínimo de acciones de un contrato es $n = 100$ acciones. El precio del futuro que impide el arbitraje es:

$$F^*_{0T} = S_0(1 + (r - q)T) = 26 \times (1 + (4\% - 1{,}5\%) \times 90/360) = 26{,}16 \text{ €}$$

Suponemos que en el mercado el precio que se ha podido negociar es $F_{0T} = 26{,}22$ €. La cobertura se realiza vendiendo N_F contratos de futuros tal que:

$$N_F = \frac{N}{n} = \frac{325.280}{100} = 3.252{,}8 \text{ que se ajusta a } N_F = 3.253 \text{ contratos}$$

La cobertura se cierra pasados 15 días comprando 3.253 contratos de futuros con el precio $F_{tT} = 24{,}39$ €, y el precio de la acción es $S_t = 24{,}30$ €.

La variación del valor de la cartera es:

$$V_t - V_0 = N(S_t - S_0) - N_F n(F_{tT} - F_{0T})$$

Valor de las acciones:

$$N(S_T - S_0) = 325.280(24{,}30 - 26) = -555.976 \text{ €}$$

Valor de los futuros:

$$-N_F n(F_{tT} - F_{0T}) = -3.253 \times 10 \times (24{,}39 - 26{,}22) = 595.299 \text{ €}$$

La pérdida de valoración que ha sufrido la acción se compensa, en exceso, con la liquidación de los contratos de futuros.

$$V_t - V_0 = N(S_t - S_0) - N_F n(F_{tT} - F_{0T}) = -555.976 + 595.299 = 39.323 \text{ €}$$

La diferencia positiva está originada por los siguientes factores:

i) La cantidad de acciones no coincide con el número de acciones subyacentes del contrato de futuros por la discretización (20 acciones de diferencia).

ii) Los precios de los futuros pueden desviarse de los precios teóricos que impiden la realización de arbitrajes.

iii) No está considerado el coste de financiación de las acciones.

La eficacia se puede medir por un ratio, *REF*, que pone en relación la variación del instrumento de cobertura con la variación del instrumento cubierto. Las variaciones en valor absoluto es:

$$REF = \frac{595.299}{555.976} = 1{,}0707 = 107{,}07\%$$

5. Cobertura del riesgo de mercado de acciones con futuros sobre un índice bursátil

La cobertura del riesgo de mercado de una acción se puede realizar tomando posiciones en contratos de futuros sobre un índice bursátil. La condición necesaria para que la cobertura sea factible es que exista correlación entre las variaciones del precio de la acción y las variaciones del índice.

Veamos un modelo que determina el número de contratos que es necesario vender. La variación del valor de la cartera, ΔV, se puede expresar del modo siguiente:

$$\Delta V = N\Delta S - N_F m \Delta F$$

donde N es el número de acciones, ΔS es la variación del precio de la acción, N_F es el número de contratos de futuros, m es el coeficiente fijado en el reglamento del mercado de futuros que transforma los puntos del índice en una magnitud monetaria y ΔF es la variación del precio del futuro. Por conveniencia matemática vamos a escribir la ecuación anterior de otra forma, para introducir las variaciones relativas del precio de la acción y del precio del futuro.

$$\Delta V = NS\,\frac{\Delta S}{S} - N_F m F\,\frac{\Delta F}{F}$$

La varianza de ΔV es:

$$\operatorname{Var}(\Delta V) = N^2S^2 \operatorname{Var}\left(\frac{\Delta S}{S}\right) + N_F^2 m^2 F^2 \operatorname{Var}\left(\frac{\Delta F}{F}\right) - 2NSN_F mF \operatorname{Cov}\left(\frac{\Delta S}{S}, \frac{\Delta F}{F}\right)$$

El objetivo es determinar N_F con la condición de que la varianza sea mínima, lo que implica como condición necesaria que la primera derivada sea nula.

$$\frac{d\Delta V}{dN_F} = 2N_F m^2 F^2 \operatorname{Var}\left(\frac{\Delta F}{F}\right) - 2NSmF \operatorname{Cov}\left(\frac{\Delta S}{S}, \frac{\Delta F}{F}\right) = 0$$

$$N_F = \frac{NS}{mF} \frac{\operatorname{Cov}\left(\dfrac{\Delta S}{S}, \dfrac{\Delta F}{F}\right)}{\operatorname{Var}\left(\dfrac{\Delta F}{F}\right)}$$

Para simplificar la notación escribimos:

$$\sigma_S^2 = \operatorname{Var}\left(\frac{\Delta S}{S}\right) \qquad \sigma_F^2 = \operatorname{Var}\left(\frac{\Delta F}{F}\right) \qquad \sigma_{SF} = \operatorname{Cov}\left(\frac{\Delta S}{S}, \frac{\Delta F}{F}\right)$$

Teniendo en cuenta la definición de coeficiente de correlación lineal:

$$\rho = \frac{\sigma_{SF}}{\sigma_S \sigma_F}$$

CAPÍTULO 5

$$N_F = \frac{NS}{mF} \frac{\rho \sigma_S \sigma_F}{\sigma_F^2} = \frac{NS}{mF} \rho \frac{\sigma_S}{\sigma_F}$$

EJEMPLO 5.2. De cobertura de acciones con contratos de futuros sobre el índice

Se desea cubrir una cartera de $N = 38.000$ acciones con contratos de futuros sobre un índice bursátil. El precio de la acción es $S_0 = 39$ € y el futuro sobre el índice es $F_{0T} = 14.600$ puntos. El reglamento del mercado organizado tiene establecido que el nocional de un contrato se define considerando la equivalencia de un punto del índice igual a un euro. En este caso el multiplicador m es igual a la unidad. El coeficiente de correlación se estima en $\rho = 0{,}82$, la volatilidad de la acción en $\sigma_S = 1{,}65\%$ (diaria) y la volatilidad del futuro en $\sigma_F = 1{,}12\%$ (diaria).

El número de contratos de futuros está dado por:

$$N_F = \frac{NS}{mF} \rho \frac{\sigma_S}{\sigma_F}$$

$$N_F = \frac{38.000 \times 39}{1 \times 14.600} \times 0{,}82 \times \frac{1{,}65\%}{1{,}12\%} = 122{,}6 \qquad N_F = 123 \text{ contratos}$$

En el vencimiento de la cobertura el precio de la acción es $S_T = 36{,}2$ € y el futuro cierra en $F_{TT} = 13.943$. El cálculo de la variación del precio de las acciones es $38.000 \times (36{,}2 - 39) = -106.400$. La liquidación de los contratos de futuros:

$$L_T = -123 \times (13.943 - 14.600) = 80.811 \text{ €}$$

El resultado de la cobertura ha sido:

$$RN = -106.400 + 80.811 = -25.589 \text{ €}$$

El ratio de eficacia es:

$$REF = \frac{80.811}{106.400} = 75{,}95\%$$

y se explica fundamentalmente por el riesgo de correlación, dado que el precio de la acción ha caído un 7,18% y el futuro solo un 4,55%. Si la variación relativa del precio de la acción y la variación relativa del futuro hubieran seguido la pauta definida por el coeficiente de correlación estimado, el futuro habría caído $0{,}82 \times (-7{,}18\%) = -5{,}89\%$ y el precio de cierre del futuro habría sido 13.741 puntos. La liquidación de los contratos de futuros habría sido:

$$L_T = -123 \times (13.741 - 14.600) = 105.657 \text{ €}$$

Y la eficacia de la cobertura:

$$REF = \frac{105.657}{106.400} = 99{,}30\%$$

Este razonamiento tiene el objetivo de señalar que lo anterior es lo que probablemente nunca ocurrirá, dado que una relación estadística entre dos variables, suponiendo que sea sólida, no asegura que el comportamiento en una única realización muestral vaya a coincidir con la relación estimada.

6. Cobertura delta

Una cobertura delta es una cobertura dinámica construida añadiendo al instrumento cubierto los instrumentos de cobertura necesarios para que el delta de la cartera formada por todos los instrumentos sea igual a cero. Es dinámica porque es necesario ajustarla periódicamente puesto que los cambios de los precios modifica el valor del delta, que deja de ser cero.

Suponemos dos activos cuyo precio depende del mismo subyacente S:

N_1: Es la cantidad nocional del primer activo y P_1 es el precio.

N_2: Es la cantidad nocional del segundo activo y P_2 es el precio.

El valor de la cartera es:

$$V = N_1P_1 + N_2P_2$$

y la variación es:

$$\Delta V = N_1\Delta P_1 + N_2\Delta P_2$$

Sustituyendo las variaciones de los precios en función de los deltas:

$$\Delta P_1 = \delta_1\Delta S \qquad \Delta P_2 = \delta_2\Delta S$$

$$\Delta V = N_1\Delta P_1 + N_2\Delta P_2 = N_1\delta_1\Delta S + N_2\delta_2\Delta S = (N_1\delta_1 + N_2\delta_2)\Delta S$$

La inmunización de V se consigue si la variación de S no influye en la variación de V. La cobertura se consigue cuando:

$$N_1\delta_1 + N_2\delta_2 = 0$$

La condición anterior se llama «condición de cobertura delta neutral». No hay que olvidar que se trata de una aproximación, aunque es bastante precisa y adecuada para muchas situaciones.

Suponemos ahora que los dos activos dependen de distintos subyacentes:

$$N_1\Delta P_1 + N_2\Delta P_2 = 0 \quad \Rightarrow \quad N_1\delta_1\Delta S_1 + N_2\delta_2\Delta S_2 = 0$$

Además, suponemos que existe una relación estable entre la variaciones de los precios de los activos subyacentes tal que:

$$\Delta S_1 = \beta\Delta S_2$$

Entonces queda como condición de cobertura:

$$N_1\delta_1\beta + N_2\delta_2 = 0$$

7. Cobertura con futuros sobre bonos

Llamamos B al precio del bono y F al precio del futuro sobre el bono nocional. Siendo D la duración y S la sensibilidad o duración corregida, se cumplen las siguientes relaciones:

$$\Delta B = -\frac{D_B B}{1 + r_B}\Delta r_B = -S_B B\Delta r_B \qquad \Delta F = -\frac{D_F F}{1 + r_F}\Delta r_F$$

La variación del valor de la cartera es:

$$\Delta V = N\Delta B - hN_F\Delta F = -NS_B B\Delta r_B + hN_F S_F F\Delta r_F$$

siendo N_B y N_F los nominales respectivos y h el número de contratos.

El cálculo de la varianza de ΔV lleva a:

$$\sigma_V^2 = N^2 S_B^2 B^2 \sigma_B^2 + h^2 N_F^2 S_F^2 F^2 \sigma_F^2 - 2NS_B BhN_F S_F F \sigma_{BF}$$

La minimización de la varianza y la sustitución en función del coeficiente de correlación permite expresar el número de contratos h mediante la expresión:

$$h = \frac{N_B S_B B}{N_F S_F F} \rho \frac{\sigma_B}{\sigma_F}$$

siendo ρ el coeficiente de correlación lineal entre las variaciones de los tipos de interés del bono y del futuro y σ_B y σ_F las desviaciones típicas de Δr_B y Δr_F, respectivamente.

EJEMPLO 5.3. Cobertura de un bono con futuros

Suponemos que los datos del bono son los siguientes: nominal N_B = 1.000.000 €, sensibilidad S_B = 8,75 años, precio B = 97,08%.

Los datos del futuro son: nominal N_B = 10.000 €, sensibilidad S_B = 8,50 años, precio F = 102,23%.

Los estadísticos son: coeficiente de correlación ρ = 0,87, volatilidad de la variación de la rentabilidad al vencimiento del bono σ_B = 0,025%, volatilidad de la variación de la rentabilidad al vencimiento del futuro σ_B = 0,029%. El número de contratos de futuros está dado por:

$$h = \frac{N_B S_B B}{N_F S_F F} \rho \frac{\sigma_B}{\sigma_F} = \frac{1.000.000 \times 8,75 \times 97,08}{10.000 \times 8,50 \times 102,23} \times 0,87 \times \frac{0,025}{0,029} = 73,3$$

El gestor debe vender 73 contratos de futuros.

8. Cobertura global de una cartera de *swaps*

Una cartera se ha valorado a partir de n tasas de interés de instrumentos homogéneos (depósitos y *swaps* de 2 a 10 años, por ejemplo).

Tenemos r_1, r_2, ..., r_n, que no son tasas de interés cupón cero, pero a partir de ellos se obtienen. Son tasas de interés observadas en el mercado.

El valor actual de mercado de la cartera depende en última instancia de las n tasas de interés citadas.

$$VA_c = f(r_1, r_2, ..., r_n)$$

Un método para inmunizar la cartera llamado cobertura global consiste en lo siguiente:

1. Se considera el plazo mayor y el instrumento a dicho plazo, por ejemplo un *swap*. Llamamos C_n el instrumento para un nocional unidad y trata-

mos de determinar el nocional N_n para que la cartera inicial y el nuevo instrumento tengan un delta nulo cuando perturbamos únicamente la tasa de interés del instrumento n.

$$r_1^* = r_1,\ ...,\ r_{n-1}^* = r_{n-1},\ r_n^* = r_n + 1 \text{ pb}$$

$$\Delta VA_c + N_n \Delta VA(C_n) = 0 \quad \Rightarrow \quad N_n = -\frac{\Delta VA_c}{\Delta VA(C_n)}$$

2. Se considera el plazo siguiente y el instrumento a dicho plazo C_{n-1}. Se determina el nocional N_{n-1}.

$$\Delta VA_c + N_n \Delta VA(C_n) + N_{n-1} VA(C_{n-1}) = 0 \quad \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \quad N_{n-1} = -\frac{\Delta VA_c + N_n \Delta VA(C_n)}{\Delta VA(C_{n-1})}$$

y así sucesivamente hasta el instrumento 1.

$$r_1^* = r_1 + 1 \text{ pb}, \qquad r_2^* = r_2,\ ...,\ r_{n-1}^* = r_{n-1}, \qquad r_n^* = r_n$$

$$N_1 = -\frac{\Delta VA_c + N_n \Delta VA(C_n) + \cdots + N_2 \Delta VA(C_2)}{\Delta VA(C_1)}$$

9. Cobertura con opciones de una posición larga en el subyacente

Cobertura en una fecha futura T.

Suponemos que el subyacente son acciones y el precio de la acción en t, fecha actual, es S_t. El número de acciones es N. El valor de mercado de la cartera es $V_t = NS_t$.

La cobertura con opciones exige tomar una posición que evolucione en sentido contrario al activo cubierto. Esto se consigue comprando opciones de venta cuyo vencimiento coincida con la fecha de vencimiento de la cobertura. Suponemos que cada opción tiene como subyacente una acción. El número de opciones de venta compradas H es igual a N.

En el vencimiento, con fecha T, de la cobertura la variación del valor de mercado del activo cubierto es:

$$\Delta V_1 = N(S_T - S_t)$$

Y la variación del activo de cobertura es:

$$\Delta V_2 = N(P_T - P_t) = N \text{Máx}(E - S_T, 0) - NP_t$$

La variación total viene dada por la suma de las dos variaciones menos el coste de financiación de la cobertura. Dicho coste viene dado por el importe de los intereses correspondiente al importe pagado por las opciones, con el tipo de interés de mercado al plazo $T - t$. El coste de financiación (CF) es:

$$CF = L \times r \times (t - t) \qquad L = NP_t$$

La variación total (ΔV) es:

$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2 - CF = N(S_T - S_t) + N\,\text{Máx}\,(E - S_T) - NP_t - CF$$

La variación depende de la liquidación de las opciones en el vencimiento. Suponemos dos escenarios.

Primer escenario: El precio de la acción es superior al precio de ejercicio, por lo que la opción de venta está «fuera de dinero» y la liquidación es nula.

$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2 - CF = N(S_T - S_t) - NP_t - CF$$

La variación del valor de la cartera está minorada por el precio de la cobertura más el coste de financiación.

Segundo escenario: El precio de la acción es inferior al precio de ejercicio, por lo que la opción de venta está en dinero y la liquidación es positiva.

$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2 - CF = N(S_T - S_t) + N(E - S_T) - NP_t - CF =$$
$$= N(E - S_t) - NP_t - CF$$

En este caso la variación del valor de la cartera, además del coste de la cobertura y el coste de financiación, incluye la variación positiva, nula o negativa definida por el precio de ejercicio y el precio de la acción en la fecha inicial. En el caso particular de que el precio de ejercicio sea igual al precio inicial de la acción, la variación de valor de la cartera coincide con el coste de la cobertura más el coste de financiación.

$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2 - CF = N(E - S_t) - NP_t - CF = N(S_t - S_t) - NP_t - CF =$$
$$= -NP_t - CF$$

EJEMPLO 5.4. De cobertura de acciones con opción de venta

Suponemos los siguientes datos:

$$S_t = 15 \text{ €} \qquad E = 15 \text{ €} \qquad N = 50.000 \text{ acciones} \qquad T = 60 \text{ días}$$

$$r = 4\% \qquad P_t = 0{,}388 \text{ €}$$

Escenario 1: El precio de la acción en el vencimiento es $S_T = 19$ €.

La variación del valor de las acciones es:

$$\Delta V_1 = N(S_T - S_t) = 50.000(19 - 15) = 200.000 \text{ €}$$

La opción no se ejercita porque está fuera de dinero.

El coste de la cobertura es:

$$\Delta V_2 = -NP_t = -50.000 \times 0{,}388 = -19.400 \text{ €}$$

El coste de la financiación es:

$$CF = 19.400 \times 4\% \times 60/360 = 129{,}33 \text{ €}$$

La variación total es:

$$\Delta V = 200.000 - 19.400 - 129{,}33 = 180.470{,}67 \text{ €}$$

Escenario 2: El precio de la acción en el vencimiento es $S_T = 11$ €.

La variación del valor de las acciones es:

$$\Delta V_1 = N(S_T - S_t) = 50.000(11 - 15) = -200.000 \text{ €}$$

La liquidación de la opción es positiva, por lo que:

$$\begin{aligned}\Delta V_2 &= N(P_T - P_t) = N\,\text{Máx}\,(E - S_T, 0) - NP_t = \\ &= 50.000\,\text{Máx}\,(15 - 11{,}0) - 50.000 \times 0{,}388 = \\ &= 200.000 - 50.000 \times 0{,}388 = 180.600 \text{ €}\end{aligned}$$

El coste de la financiación es:

$$CF = 19.400 \times 4\% \times 60/360 = 129{,}33 \text{ €}$$

La variación total es:

$$\Delta V = -200.000 + 180.600 - 129{,}33 = -19.529{,}33 \text{ €}$$

Los dos escenarios se recogen en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1

Precio	Sin cobertura	Con cobertura
19	200.000,00	180.470,67
11	−200.000,00	−19.529,33

10. Cobertura con opciones de una posición corta en el subyacente

Cobertura en una fecha futura T.

Suponemos que el subyacente son acciones y el precio de la acción en t, fecha actual, es S_t. El número de acciones es N. El valor de mercado de la cartera es $V_t = NS_t$. Al tratarse de una posición corta, la subida del precio disminuye el valor de la posición.

La cobertura con opciones exige tomar una posición que evolucione en sentido contrario al activo cubierto. Esto se consigue comprando opciones de compra cuyo vencimiento coincida con la fecha de vencimiento de la cobertura. Suponemos que cada opción tiene como subyacente una acción. El número de opciones de compra compradas H es igual a N.

En el vencimiento, con fecha T, de la cobertura la variación del valor de mercado del activo cubierto es:

$$\Delta V_1 = -N(S_T - S_t) = N(S_t - S_T)$$

Y la variación del activo de cobertura es:

$$\Delta V_2 = N(C_T - C_t) = N\,\text{Máx}\,(S_T - E,\, 0) - NC_t$$

La variación total viene dada por la suma de las dos variaciones menos el coste de financiación de la cobertura. Dicho coste viene dado por el importe de los intereses correspondiente al importe pagado por las opciones, con el tipo de interés de mercado al plazo $T - t$. El coste de financiación (CF) es:

$$CF = L \times r \times (t - t) \qquad L = NC_t$$

Denominando ΔV a la variación total es:

$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2 - CF = N(S_t - S_T) + N\,\text{Máx}\,(S_T - E) - NC_t - CF$$

La variación depende de la liquidación de las opciones en el vencimiento. Suponemos dos escenarios.

Primer escenario: El precio de la acción es superior al precio de ejercicio, por lo que la opción de compra «está en dinero» y la liquidación es positiva.

$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2 - CF = N(S_t - S_T) + N(S_T - E) - NC_t - CF = N(S_t - E) - NC_t - CF$$

En el caso particular de que el precio de ejercicio sea igual al precio inicial de la acción, la variación de valor de la cartera coincide con el coste de la cobertura más el coste de financiación.

$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2 - CF = N(S_t - S_t) - NC_t - CF = -NC_t - CF$$

Segundo escenario: El precio de la acción es inferior al precio de ejercicio, por lo que la opción de compra está «fuera de dinero» y la liquidación es nula.

$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2 - CF = N(S_t - S_T) - NC_t - CF$$

11. Modelos de cobertura delta

11.1. Cobertura con opciones de una posición larga en el subyacente

En este tipo de cobertura el horizonte es de muy corto plazo (un día, una semana) y la cobertura se va ajustando según pasa el tiempo y cambian los precios. Es una cobertura dinámica frente a las coberturas estáticas analizadas en los apartados anteriores. El cálculo de la cobertura se basa en el parámetro delta del precio de la opción, por lo que se denomina cobertura delta.

Suponemos que existe una posición larga en acciones que se pretende cubrir a corto plazo. El instrumento de cobertura son opciones de venta compradas y se va a determinar su número mediante la condición de que el delta de la cartera sea cero. Sea N el número conocido de acciones y H el número desconocido de opciones. El valor de la cartera es:

$$V = NS + HP$$

La variación es $\Delta V = N\Delta S + H\Delta P$ y la definición del delta de la opción es $\delta_P = \dfrac{\partial P}{\partial S}$ que permite una aproximación finita del tipo $\Delta P = \delta_P \Delta S$. Sustituyendo en la variación de la cartera se obtiene:

$$\Delta V = N\Delta S + H\delta_P\Delta S = (N + H\delta_P)\Delta S$$

El término $N + H\delta_P$ se puede interpretar como el delta de la cartera y la condición para que la variación del valor de la cartera sea cero es que el delta de la cartera sea nulo, ya que para cualquier variación del precio de la acción el resultado es cero. Este resultado es válido como aproximación de primer orden, ya que en ΔV existen otros términos de orden superior que no son nulos.

Imponiendo la condición denominada «delta neutra» se obtiene:

$$N + H\delta_P = 0 \quad \Rightarrow \quad H = -\frac{N}{\delta_P}$$

con lo que se determina el número de opciones que es necesario comprar. Hay que tener en cuenta que $\delta_P < 0$, por lo que $H > 0$ dado que $N > 0$.

EJEMPLO 5.5. Cobertura delta

Se desea cubrir mediante una cobertura delta una posición larga en 50.000 acciones con los siguientes datos:

$S_t = 15$ € $\quad E = 15$ € $\quad T = 60$ días $\quad r = 4\%$ $\quad q = 0\%$ $\quad \sigma = 18\%$

Calculamos el precio de las opciones de venta y el parámetro delta. El precio de la *put* es $P_t = 0{,}388$ y el parámetro delta $\delta_P = -0{,}449633$.

Con estos datos el valor de H es:

$$H = -\frac{N}{\delta_P} = -\frac{50.000}{-0{,}449633} = 111.202 \text{ opciones}$$

El importe de las opciones es:

$$L = 111.202 \times 0{,}388 = 43.146{,}28 \text{ €}$$

que se toma prestado (realmente o analíticamente).

Supongamos que al día siguiente la acción cierra a $S_1 = 14{,}83$; la variación de la cartera ha sido:

$$\text{Acciones: } \Delta V = N(S_1 - S_0) = 50.000(14{,}83 - 15) = -8.500$$

Opciones: El precio es 0,467 según el modelo de Black-Scholes.

$$\Delta V' = H(P_1 - P_0) = 111.202 \times (0{,}467 - 0{,}388) = 8.784{,}86$$

El coste de financiación de la compra de las opciones es $CF = L \times r \times T$.

$$CF = 43.146{,}28 \times 4\% \times 1/360 = 4{,}79$$

La variación del valor de la cartera ha sido:

$$\Delta V = -8.500 + 8.784{,}96 - 4{,}79 = 280{,}17$$

Suponemos que la cobertura se mantiene para el día siguiente. Con el nuevo delta el número de opciones debe ser:

$$H = -\frac{N}{\delta_P} = -\frac{50.000}{-0{,}512752} = 97.513 \text{ opciones}$$

Hay que vender $111.202 - 97.513 = 13.689$ opciones, lo que proporciona liquidez de importe $L = 13.689 \times 0{,}467 = 6.392{,}76$ que reduce la liquidez inicial, por lo que el coste financiero al día siguiente es:

$$CF = (43.146{,}28 - 6.392{,}76) \times 4\% \times 1/360 = 4{,}08$$

11.2. Cobertura con opciones de una posición corta en el subyacente

Suponemos que existe una posición corta en acciones que se pretende cubrir a corto plazo. El instrumento de cobertura son opciones de compra compradas y se va a determinar su número mediante la condición de que el delta de la cartera sea cero. Sea N el número conocido de acciones y H el número desconocido de opciones. El valor de la cartera es:

$$V = NS + HC$$

La variación es $\Delta V = N\Delta S + H\Delta C$ y la definición de delta de la opción es $\delta_C = \dfrac{\partial C}{\partial S}$ que permite una aproximación finita del tipo $\Delta C = \delta_C \Delta S$. Sustituyendo en la variación de la cartera se obtiene:

$$\Delta V = N\Delta S + H\delta_C\Delta S = (N + H\delta_C)\Delta S$$

Imponiendo la condición denominada «delta neutral» se obtiene:

$$N + H\delta_C = 0 \quad \Rightarrow \quad H = -\frac{N}{\delta_C}$$

con lo que se determina el número de opciones que es necesario comprar. Hay que tener en cuenta que $\delta_P > 0$, por lo que $H > 0$ dado que $N < 0$.

11.3. Cobertura delta de una posición en opciones de venta con acciones

Suponemos que un emisor de opciones de venta quiere cubrir la posición a corto plazo utilizando una cobertura delta. Se trata de opciones emitidas. El objetivo es determinar el número de acciones que con las opciones forman una cartera con delta nula (delta neutral).

La cartera formada por opciones de venta, vendidas, y las acciones tiene el valor:

$$V = NS + HP \qquad \text{en este caso es } H < 0$$

La variación es:

$$\Delta V = N\Delta S + H\Delta P = N\Delta S + H\delta_P\Delta S = (N + H\delta_P)\Delta S$$

Y la condición delta neutral lleva a:

$$N + H\delta_P = 0 \qquad N = -H\delta_P$$

Como es $H < 0$ y $\delta_P < 0 \Rightarrow N < 0$, lo que significa que para la cobertura se deben vender acciones y el importe obtenido debe prestarse.

EJEMPLO 5.6. De cobertura delta de opciones emitidas

Un banco de inversión ha emitido 125.000 opciones de venta sobre 125.000 acciones. Desea realizar una cobertura delta con el subyacente. Los datos son:

$S_0 = 11{,}95$ € $\quad E = 12$ € $\quad T = 94$ días $\quad r = 3\%$ $\quad q = 2\%$ $\quad \sigma = 19\%$

Calculamos el precio de la opción y el delta:

$$P_t = 0{,}4671 \qquad \delta_P = -0{,}484885$$

Según lo visto anteriormente, el número de acciones es:

$$N = -H\delta_P = -(-125.000) \times (-0{,}484885) = -60.611$$

La venta de las acciones proporciona liquidez por un importe de:

$$L = N \times S_0 = 60.611 \times 11{,}95 = 724.301{,}45$$

El precio de mercado de las acciones es:

$$NP_0 = 125.000 \times 0{,}4671 = 58.387{,}50$$

Al día siguiente suponemos que el precio de la acción es $S_1 = 11{,}84$. El precio de la opción es 0,5203.

Las variaciones de valor son:

Opciones:

$$\Delta V = H(P_1 - P_0) = -125.000 \times (0{,}5203 - 0{,}4671) = -6.650$$

Acciones:

$$\Delta V = N(S_1 - S_0) = -60.611 \times (11{,}84 - 11{,}95) = 6.667{,}21$$

Liquidez: Intereses

$$I = L \times r \times T = 724.301{,}45 \times 3\% \times 1/360 = 60{,}36$$

Variación total:

$$\Delta V = -6.650 + 6.667{,}21 + 60{,}36 = 77{,}57$$

12. Opciones sintéticas

Las relaciones anteriores son la base de la técnica de replicación de opciones u opciones sintéticas. Las carteras que se construyen bajo la técnica delta neutral son equivalentes a un activo monetario, ya que carecen del riesgo del subyacente.

12.1. Construcción de opciones sintéticas de compra

Si tenemos una posición corta sobre una opción de compra y una posición larga sobre la misma opción, la variación de valor de la cartera es cero. Por lo tanto, si partimos de una posición en una opción de compra y añadimos acciones y liquidez se verifica que:

$$\Delta V = H\Delta C + N\Delta S = (H\delta_C + N)\Delta S$$

Para que sea delta neutra:

$$H\delta_C + N = 0 \qquad N = -H\delta_C$$

Si $H < 0 \Rightarrow N > 0$, luego la cartera que neutraliza H opciones de compra emitidas está formada por N acciones compradas y un préstamo para comprar las acciones, por lo que H opciones de compra compradas equivalen a N acciones compradas y un préstamo tomado por el importe de las acciones.

Si $H > 0 \Rightarrow N < 0$, luego la cartera que neutraliza H opciones de compra compradas está formada por N acciones vendidas y un préstamo otorgado por el importe de las acciones vendidas, de donde H opciones de compra vendidas equivalen a N acciones vendidas y un préstamo otorgado por el importe de las acciones.

En el caso de opciones de venta tenemos la ecuación:

$$\Delta V = H\Delta P + N\Delta S = (H\delta_P + N)\Delta S$$

Para que sea delta neutra:

$$H\delta_C + N = 0 \qquad N = -H\delta_P \qquad \delta_P < 0$$

Si $H < 0 \Rightarrow N < 0$, luego la cartera que neutraliza H opciones de venta emitidas está formada por N acciones vendidas y un préstamo otorgado por el importe de las acciones vendidas, de donde H opciones de venta compradas equivalen a N acciones vendidas y un préstamo otorgado.

Si $H > 0 \Rightarrow N > 0$, luego la cartera que neutraliza H opciones de venta compradas está formada por N acciones compradas y un préstamo para comprar las acciones, de donde H opciones de venta vendidas equivalen a N acciones compradas y un préstamo tomado por el importe de las acciones.

12.2. Construcción de una opción sintética de venta para cubrir una posición larga en acciones

Suponemos que se tiene una posición larga en acciones y desea cubrirse con una opción de venta. Puede ocurrir que el precio de la opción en el mercado incorpore una volatilidad superior a nuestras estimaciones. En ese caso podemos construir una opción sintética que reproduce en su comportamiento financiero la trayectoria seguida por la cartera formada por las acciones y la opción de venta comprada.

Una cartera de activos, por ejemplo acciones, puede cubrirse frente a movimientos adversos de los precios, de diferentes formas. Una posibilidad sería la compra de una opción de venta. Supongamos que el precio de ejercicio coincide con el valor actual de la cartera, y el plazo hasta el vencimiento de la opción coincide exactamente con el período de cobertura.

Sea

P_0: Precio de la opción de venta en la fecha actual.

S_0: Precio del activo subyacente en la fecha actual.

S_T: Precio del activo subyacente en el vencimiento.

E: Precio de ejercicio.

r: Tipo de interés al plazo T.

T: Plazo hasta el vencimiento.

La cartera formada por el activo y la opción vale en el vencimiento:

$$V_T = S_T + \text{Máx}\,(E - S_T,\ 0) = \text{Máx}\,(E,\ S_T)$$

Si hemos hecho que

$$E = S_0 \qquad V_T = \text{Máx}\,(S_0,\ S_T)$$

Teniendo en cuenta el coste de la opción, capitalizado hasta el vencimiento, definimos un ratio de eficacia monetaria como:

$$e = \frac{V_T - P_0 e^{rT}}{S_0} = \frac{\text{Máx}\,(S_0,\ S_T) - P_0 e^{rT}}{S_0}$$

En el caso de que

$$S_T < S_0 \qquad e = \frac{S_0 - P_0 e^{rT}}{S_0} = 1 - \frac{P_0 e^{rT}}{S_0}$$

12.3. Cobertura de una posición larga con una opción de venta sintética

Una entidad tiene una posición larga en una acción y desea cubrir el riesgo de mercado a un horizonte temporal T determinado. La fecha del vencimiento de la cobertura podría coincidir con la fecha de publicación de los estados financieros, por ejemplo el día final de un trimestre o el día final del año. En este caso la cobertura se implementaría comprando opciones de venta sobre la acción en un número igual al de las acciones que tiene en cartera.

Sin embargo, en el mercado le ofrecen un precio de las opciones que considera muy por encima de su criterio de valoración. En definitiva, la entidad piensa que el precio de mercado de la cobertura, de las opciones, es excesivo. Supongamos que el precio ofertado es el 9% del valor del subyacente cubierto, mientras que el criterio de la entidad es el 5%. Esta diferencia expresada en términos de volatilidad significa, en un caso concreto, que la oferta del mercado valora la opción con una volatilidad del 27% y el criterio de la entidad es una volatilidad del 15%.

La entidad tiene la alternativa de construir una opción sintética mediante una cartera de acciones y liquidez. Esta alternativa soporta riesgos operacionales dado que sustituye la opción de venta por una cartera formada por acciones y liquidez que aproximadamente reproduce el comportamiento, en cambios de valor, que tendría la opción comprada.

Una opción de venta comprada es equivalente a una posición corta en acciones y una posición larga en liquidez. Para obtener las cantidades de ambos instrumentos partimos de una cartera formada por H acciones. H es ahora la incógnita y N, opciones de venta. N es el número de acciones iniciales, por lo que el número de opciones debe ser el mismo. La relación entre H y N se establece mediante la condición delta neutral para obtener una opción sintética. Sea V el valor de la cartera formada por acciones y opciones:

$$V = HS + NP$$

La variación debe ser nula:

$$\Delta V = H\Delta S + N\Delta P = H\Delta S + N\delta\Delta S = (H + N\delta)\Delta S = 0$$

La relación entre H y N es:

$$H + N\delta = 0 \qquad H = -N\delta$$

En el caso de que la posición en las opciones de venta fuese corta (para construir la opción sintética) el signo de N es negativo y, como el delta de una opción de venta es negativo, H también es negativo. La posición opuesta a una poción de venta vendida se consigue vendiendo acciones y prestando el dinero obtenido por la venta (liquidez), luego esto equivale a una opción de venta comprada.

Analíticamente el valor de H se obtiene sustituyendo en la ecuación anterior el valor de delta:

$$H = -N\delta = -Ne^{-qT}N(-d_1)$$

Como inicialmente hay N acciones y se debe vender H, quedarán en cartera la diferencia $N' = N - H$ (aquí H en valor absoluto).

$$N' = N - H = N - Ne^{-qT}N(-d_1) = N(1 - e^{-qT}N(-d_1))$$

El importe de las H acciones vendidas se coloca a un día de plazo (repo de deuda). Al día siguiente habrá cambiado el precio de la acción, luego el parámetro delta cambia y, con él, el número de acciones H que es necesario vender. El signo de la diferencia indicará la necesidad de vender acciones o de comprarlas. La liquidez del día siguiente es el resultado de la liquidez inicial más los intereses de un día y el ajuste por el importe de las nuevas acciones vendidas (más liquidez) o compradas (menos liquidez).

EJEMPLO 5.7. Construcción y gestión de la opción sintética

Sea la cartera inicial con $N = 300.000$ con un precio inicial de la acción $S_0 = 19{,}94$ € y un valor de mercado $V = 5.982.000$ €. La cobertura se inicia el 30/04/2000 y la fecha del vencimiento es 29/12/2000, último día hábil del año. El plazo es de 243 días, el tipo de interés del activo libre de riesgo $r = 4\%$, la volatilidad estimada es $\sigma = 15\%$ y la tasa de dividendos $q = 1{,}5\%$. El precio de ejercicio para los cálculos de la *put* sintética es el precio inicial de la acción, $E = 19{,}94$ €. El ajuste de la cartera se realiza diariamente.

El precio de la *put*, calculado con la volatilidad considerada correcta, es:

$$P_0 = 326.863 \text{ €}$$

Si se hubiesen comprado las opciones de venta pagando el importe anterior, el valor de la cartera en el vencimiento sería:

$$V_T = NS_T = \text{Máx}\,(5.892.000 - NS_T,\ 0) - 326.863 \times (1 + 4\% \times 242/360)$$

$$V_T = NS_T + \text{Máx}\,(5.892.000 - NS_T,\ 0) - 336.426$$

Mediante la cobertura construyendo la opción sintéticamente la entidad espera obtener un rendimiento similar.

Para los seis primeros días tenemos los datos de la Tabla 5.2, que son el resultado de la realización de los ajustes determinados por las reglas de la cobertura.

Tabla 5.2

	Precio	Acciones cartera	H acciones *put* sintética	Variación acciones	Liquidez	Valor acciones	Valor cartera total
30/04/00	19,94	174.705	125.295	125.295	2.498.381	3.483.619	5.982.000
02/05/00	19,97	176.032	123.968	−1.327	2.472.155	3.515.364	5.987.519
03/05/00	19,67	161.401	138.599	14.631	2.760.228	3.174.756	5.934.984
04/05/00	19,80	167.711	132.289	−6.310	2.635.590	3.320.682	5.956.273
05/05/00	19,94	174.442	125.558	−6.731	2.501.667	3.478.378	5.980.045
08/05/00	19,97	175.734	124.266	−1.292	2.476.139	3.509.417	5.985.556

Columna «H acciones *put* sintética»

El valor de H se obtiene como se indicó anteriormente:

$$H = Ne^{-qT}N(-d_1)$$

Particularizando para los datos originales se obtiene:

$$H = 125.295 \text{ acciones}$$

que se venden y quedan en cartera la diferencia respecto al número inicial.

Columna «Acciones cartera»

En la fecha inicial quedan en cartera:

$$N' = N - H = 300.000 - 125.295 = 174.705$$

Columna «Variación acciones»

El primer día la variación de acciones coincide con H, el número de acciones que hay que vender.

El segundo día la variación de acciones es la diferencia entre el valor de H del día y el del día anterior.

$$\text{Variación de acciones} = H_2 - H_1 = 123.968 - 125.295 = -1.327$$

La entidad debe comprar ese número de acciones para conseguir que el «ratio de cobertura» H tenga el valor adecuado.

Columna «Liquidez»

La liquidez del primer día es igual que el importe de las acciones vendidas. El segundo día la liquidez es la suma algebraica de la liquidez del primer día, los intereses y el ajuste de las opciones compradas o vendidas (en este, compradas).

$$L_1 = 125.295 \times 19{,}94 = 2.498.381$$

$$L_2 = 2.498.381 + 2.498.381 \times 4\% \times 1/360 - 1.327 \times 19{,}97 = 2.472.155$$

Columna «Valor acciones»

Esta columna recoge el producto del número de acciones que hay en cartera cada día por su precio.

$$VA_1 = 174.705 \times 19{,}94 = 3.483.619$$

$$VA_2 = 176.032 \times 19{,}97 = 3.515.364$$

Columna «Valor cartera total»

Es la suma de las columnas «Valor acciones» y «Liquidez».

En el Gráfico 5.1 se han representado la evolución de valor de las acciones sin cobertura y el valor de la cartera formada por las acciones no vendidas y la liquidez.

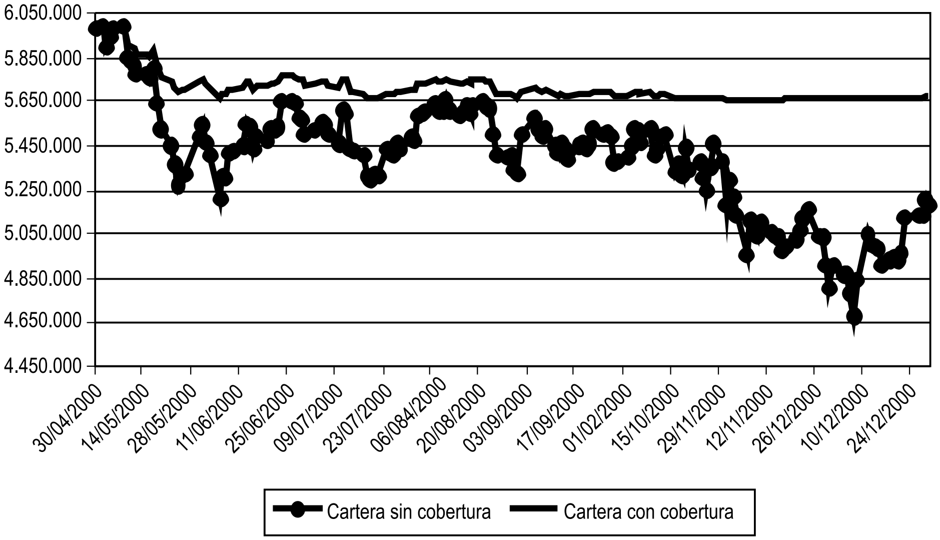


Gráfico 5.1.

En el vencimiento de la cobertura el precio de la acción es 17,25 €, por lo que la opción se habría ejercitado y el resultado de la cobertura habría sido el valor inicial de la cartera menos el precio pagado por la *put*, es decir:

$$300.000 \times 17{,}25 = 5.175.000$$

$$V_T = 5.175.000 + \text{Máx}\,(5.982.000 - 5.175.000, 0) - 336.426 = 5.645.574$$

El 29/12/2000 el valor de la cartera formada por las acciones y la liquidez asciende a 5.674.338 €, por lo que la eficacia de la cobertura ha sido:

$$EFC = \frac{5.674.338}{5.645.574} = 100{,}51\%$$

13. Riesgos operacionales de la cobertura dinámica con opción sintética

i) La cobertura se ajusta con saltos discretos mientras que el modelo está construido en tiempo continuo. Existe un riesgo de discretización porque las variaciones infinitesimales se sustituyen por variaciones «pequeñas» y además pueden existir saltos en el precio del activo subyacente que no sean tan «pequeños».

ii) Riesgo del modelo de valoración de opciones. El valor del ratio de cobertura es consecuencia directa de las hipótesis del modelo y especialmente la hipótesis de que los precios siguen una distribución lognormal. La discrepancia entre el comportamiento de los precios y la hipótesis es un factor de riesgo.

iii) Los cálculos diarios que hay que realizar para los reajustes de la cartera pueden ser fuente de errores.

iv) Las operaciones de compra y venta de acciones y la colocación de la liquidez deben ejecutarse con un protocolo estricto y un control permanente.

14. Cobertura delta-gamma

Una cartera dependiente del precio de un único subyacente puede cubrirse a corto plazo utilizando dos instrumentos de cobertura y obligando a que la cartera formada por los activos cubiertos y los instrumentos de cobertura sea delta neutra y gamma neutra, es decir, obligando a que los parámetros delta y gamma de la cartera total sean nulos.

Sea W el valor de la cartera que depende del precio S del activo subyacente. Se puede escribir $W = W(S)$. Sean $f_1(S)$ y $f_2(S)$ los precios de los dos instrumentos de cobertura. Se trata de determinar las cantidades N_1 y N_2 de los instrumentos de cobertura para conseguir una cartera delta-gamma neutral.

La cartera cubierta vale:

$$V = W(S) + N_1 f_1(S) + N_2 f_2(S)$$

por lo que:

$$\Delta V = \Delta W(S) + N_1 \Delta f_1(S) + N_2 \Delta f_2(S)$$

Sustituyendo los incrementos en función de los deltas respectivos se tiene:

$$\begin{aligned}\Delta V &= \Delta W(S) + N_1 \Delta f_1(S) + N_2 \Delta f_2(S) = \delta_W \Delta S + N_1 \delta_1 \Delta S + N_2 \delta_2 \Delta S = \\ &= (\delta_W + N_1 \delta_1 + N_2 \delta_2)\Delta S\end{aligned}$$

Imponiendo la condición de delta neutra se tiene:

$$\delta_V = \delta_W + N_1 \delta_1 + N_2 \delta_2 = 0$$

Por la definición de gamma podemos escribir:

$$\begin{aligned}\Delta \delta_V &= \Delta \delta_W + N_1 \Delta \delta_1 + N_2 \Delta \delta_2 = \Gamma_V \Delta S = \Gamma_W \Delta S + N_1 \Gamma_1 \Delta S + N_2 \Gamma_2 \Delta S = \\ &= (\Gamma_W + N_1 \Gamma_1 + N_2 \Gamma_2)\Delta S\end{aligned}$$

Imponiendo la condición de gamma neutra se tiene:

$$\Gamma_W + N_1\Gamma_1 + N_2\Gamma_2 = 0$$

Hemos obtenido dos ecuaciones con dos incógnitas, N_1 y N_2.

$$\delta_W + N_1\delta_1 + N_2\delta_2 = 0$$

$$\Gamma_W + N_1\Gamma_1 + N_2\Gamma_2 = 0$$

En el caso particular de que la cartera de valor $W(S)$ está formada por el activo subyacente de precio S y cantidad H, las expresiones anteriores se simplifican ya que:

$$W = HS \quad \Rightarrow \quad \delta_W = \frac{\partial W}{\partial S} = H \qquad \Gamma_W = \frac{\partial^2 W}{\partial S^2} = 0$$

Lo que implica:

$$H + N_1\delta_1 + N_2\delta_2 = 0$$

$$N_1\Gamma_1 + N_2\Gamma_2 = 0$$

capítulo 6

Aspectos contables de los derivados

ÍNDICE

1. La crisis del coste histórico
   - 1.1. Los años 70: El inicio de las turbulencias financieras
   - 1.2. Cambios en la arquitectura financiera internacional
   - 1.3. El desarrollo tecnológico
   - 1.4. La necesidad del valor razonable
2. Criterios básicos en la contabilidad de los derivados
3. Contratos de derivados no sujetos a la regla general de contabilidad
4. Coberturas contables
   - 4.1. Cobertura del valor razonable
   - 4.2. Cobertura de flujos de efectivo
   - 4.3. Cobertura de inversión neta en el extranjero
   - 4.4. Las macrocoberturas
5. Los productos híbridos o estructurados: Los derivados implícitos
6. Criterios para calificar una cobertura como contable
7. Informaciones financieras sobre los instrumentos derivados
8. La remuneración del trabajo basada en instrumentos derivados. Las *stock options*
9. Aspectos contractuales de los derivados

Anejo I. Procedimientos y controles para mejorar la confianza en los valores razonables presentados en los estados financieros

Anejo II. El valor razonable en la literatura contable

1. La crisis del coste histórico

1.1. Los años 70: El inicio de las turbulencias financieras

El sistema financiero internacional diseñado después de la Segunda Guerra Mundial, junto con las políticas monetarias basadas en las propuestas de Keynes y puestas en práctica por la mayor parte de las economías occidentales, aseguraron que los tipos de cambio y de interés de los mercados financieros mostraran una muy limitada inestabilidad durante un largo período de tiempo.

Entre el 1 y el 22 de julio de 1944, tuvo lugar una conferencia internacional en la ciudad estadounidense de Bretton Woods, New Hapshire, entre los delegados de 44 gobiernos, incluida la Unión Soviética. La finalidad de la conferencia era crear un marco de cooperación económica que evitara la repetición de las desastrosas medidas de política económica que contribuyeron a la mundialmente conocida como «Gran Depresión» de los años treinta. Se estableció un sistema conocido como «patrón dólar oro» en el que existía un tipo de cambio fijo de las monedas en relación con el dólar estadounidense y un precio invariable del oro en dólares (35 USD por cada onza de oro). Los países firmantes del acuerdo mantenían sus reservas exteriores en dólares estadounidenses o en oro, y tenían derecho a vender sus dólares a la Reserva Federal a cambio de oro al precio oficial.

La mañana del 15 de agosto de 1971 el mundo conocía que Estados Unidos abandonaba el sistema de tipos de cambio fijo acordado en Bretton Woods. A partir de ese momento los países participantes en el acuerdo adoptaron tipos de cambios flexibles, y la creación de la base monetaria dejó de estar respaldada por el oro.

Los años 1973 a 1979 contribuyeron a incrementar la inestabilidad económica en esta ocasión motivada por el precio internacional del petróleo, que pasó de 3 $ a 32 $ por barril en ese periodo. El golpe final llegó el sábado 6 de octubre de 1979 cuando el recién nombrado presidente de la Reserva Federal Paul Volcker proponía un cambio en la metodología de control monetario con el fin de controlar la inflación. La nueva metodología consistía en poner más énfasis en el control de la masa monetaria y menos en el control del tipo de interés. En concreto, las actuaciones de la Reserva Federal se dirigirían al control de los agregados monetarios (M1, M2 y M3) y el tipo de interés en dólares sería el que libremente fijase el mercado. Las operaciones de control monetario se llevarían a cabo a través de la regulación del encaje bancario (coeficiente de caja) y las llamadas «operaciones de mercado abierto» (*open market operations*) en las que la Reserva Federal presta o toma prestados dólares bien mediante operaciones con pacto de recompra (repo), o bien mediante préstamo directo a un grupo de bancos previamente seleccionados y en estas intervenciones el tipo de interés se utilizaba como variable instrumento para influir sobre el crecimiento de los agregados monetarios.

Desde estos años el mundo ha experimentado importantes niveles de volatilidad en los tipos de interés, de cambio y en los precios de las materias primas. La volatilidad queda reflejada en un incremento de la incertidumbre respecto del valor de los activos financieros en general y, como consecuencia, del riesgo, en particular el de las entidades financieras (*i.e.* bancos, fondos de inversión, aseguradoras, etc.) debido al peso de estos activos en sus balances. En este sentido, no debe resultar una sorpresa el hecho de que el primer contrato de permuta financiera de monedas fuese negociado en 1981 entre IBM y el Banco Mundial.

1.2. Cambios en la arquitectura financiera internacional

Durante la era de «Bretton Woods» las crisis financieras eran básicamente nacionales y se reducían a problemas de balanza de pagos que se resolvían con créditos del Fondo Monetario Internacional, ajustes fiscales o devaluaciones. Los mercados financieros eran básicamente nacionales, relativamente pequeños y desintegrados debido en buena medida a la presencia de regulaciones y controles nacionales de diversa índole que limitaban la libre movilidad del capital.

La liberalización financiera que arrancó a finales de la década de 1970, y que se consolidó durante los años ochenta y noventa, suprimió los controles cambiarios y diversas medidas de regulación y control financiero interno en la mayor parte de los países del mundo. Lo anterior, junto con la libre flotación de los tipos de interés y de cambio, generó un incremento sin precedentes de la liquidez mundial que, unido al impresionante desarrollo de las telecomunicaciones, redundó no sólo en una mayor movilidad del capital, sino en unos mercados financieros cada vez más grandes y más integrados.

Como resultado de estos cambios surgió la necesidad de atender las necesidades de los inversores nacionales e internacionales en todas aquellas esferas que incidan en su confianza. El impulso dado a las reformas estructurales e institucionales para fortalecer los sistemas financieros nacionales y reducir su vulnerabilidad frente a choques externos e internos se concretó desde la óptica contable en la adopción por la *International Organization of Securities Commissions* (*IOSCO*), y más tarde por la Unión Europea, de la regulación contable emitida por el *International Accounting Standard Board* (*IASB*).

1.3. El desarrollo tecnológico

El desarrollo de los instrumentos derivados ha estado decisivamente ayudado por los avances alcanzados en la teoría financiera y por el éxito de las técnicas informáticas aplicadas a las finanzas.

En el campo del desarrollo de la teoría financiera ocupa un lugar muy destacado el premio Nobel de economía Harry Markowitz. En 1952 Markowitz publicó un artículo[1] que introducía por primera vez la idea de valoración racional del *riesgo* al decidir una inversión e identificó la *varianza de los rendimientos* de la

[1] Markowitz, H. (1952): «Portfolio Selection», *Journal of Finances*, marzo, pp. 79-91.

inversión como medida del riesgo de los activos financieros. Para el caso particular de las opciones es particularmente relevante el modelo presentado en 1973 por Black-Scholes-Merton y el modelo de *árbol binomial* de Cox-Ross-Rubistein de 1976. Estos y otros modelos unidos a la utilización de avanzadas técnicas matemáticas han atraído a las instituciones financieras a un importante número de profesionales de distintas disciplinas (físicos, matemáticos, ingenieros, etc.), a menudo denominados *quants*, que añaden rigor al proceso diario de toma de decisiones y de medición y valoración de riesgos en los mercados de capitales.

El impacto tecnológico ha permitido también avances en el desarrollo de nuevos productos. Hasta la llegada de las computadoras personales en los años ochenta, las computadoras eran muy lentas para ser utilizadas con la agilidad que requieren las decisiones en los mercados de capitales. Son precisamente las nuevas computadoras las que permiten utilizar avanzadas teorías financieras y sofisticadas técnicas matemáticas, como, por ejemplo, los métodos de simulación de Monte Carlo utilizados hoy en día para valorar opciones complejas.

1.4. La necesidad del valor razonable

La reacción de la comunidad financiera al aumento de la volatilidad se concretó en la utilización de unos instrumentos, genéricamente denominados *derivados*, cuya formulación teórica estaba en buena medida ya desarrollada, que ofrecían la posibilidad de reducir el riesgo, pero también podían ser utilizados como una nueva fuente de negocio complementario del tradicional de las entidades de crédito.

Posteriormente, a partir de la segunda parte de los años ochenta, la utilización masiva de este tipo de contratos por las grandes y medianas corporaciones financieras y no financieras, junto con la importancia cada vez más creciente de los mercados de capitales como fuente de inversión y financiación, han provocado quizás el mayor cambio en las tradicionales prácticas de preparación de estados financieros con fines de utilización externa, desde la aplicación de los criterios de correlación de ingresos y gastos y de realización del beneficio a principios de los años treinta.

En efecto, tras la crisis bursátil de 1929, las prácticas contables consideradas como aceptables[2] tenían por objetivo determinar cuál era el beneficio realizado en el ejercicio y este se sustentaba en la diferencia entre los ingresos devengados y los costes incurridos. En ese contexto, las revalorizaciones, es decir, los cambios de valor que no son causa de ninguna transacción, no eran consideradas como una ganancia realizada porque no suponen un aumento de liquidez con que hacer frente a las obligaciones. La clave de todo el proceso contable estaba en

[2] Hasta la creación de la Securities and Exchange Commission (SEC) en 1934, existía una amplía variedad de criterios contables, pero ninguno era «criterio de contabilidad generalmente aceptado» pues no existía una regulación de la profesión, sino que, en el caso de las entidades cotizadas, el propio mercado regulaba los distintos procedimientos que se utilizaban al presentar los estados financieros, asumiéndose hasta ese momento que cualquier nueva propuesta contable era aceptada si se traducía en unos menores costes de financiación para la entidad.

determinar el momento en que la entidad podía considerar la ganancia como realizada, esto es, el momento en que se consideraba que el ingreso o el coste se había transformado en mayor o menor liquidez para la entidad (v.g., en dinero efectivo o en otro activo financiero). De acuerdo con las prácticas contables aceptadas a partir de aquellos años, las ganancias debían reconocerse exclusivamente cuando se hubiese completado todo el ciclo productivo (*i.e.* el tradicional proceso, dinero-mercancías-dinero), y ello solo se producía cuando se podía probar que había habido:

a) una venta, o un proceso equivalente; y

b) un aumento de los activos líquidos.

Esa tradicional medida de realización del beneficio no resultaba adecuada para registrar y valorar los instrumentos financieros derivados. En unos casos porque no tienen coste al negociarlos, o más correctamente dicho, tienen un coste cero (v.g., un contrato de permuta de intereses) y, por tanto, no pueden ser registrados sobre la base de su coste histórico; y, en otros casos, porque la existencia de mercados más o menos líquidos, así como el desarrollo de metodologías de valoración aceptadas y utilizadas por los participantes en los mercados financieros para fijar su precio (v.g., el modelo de Black-Scholes-Merton para opciones europeas), restaba credibilidad a la información basada en el coste histórico que sobre estos instrumentos se facilitaba en los estados financieros.

Ante ello, en los primeros años noventa, los diferentes organismos emisores de normas de información financiera (IASB y FASB, esencialmente) se pronunciaron emitiendo distintas normas que, en un primer momento, trataron de abordar el problema de las entonces denominadas *operaciones fuera de balance*, para con posterioridad tratar cuestiones como la información acerca del riesgo de crédito y de mercado, el tratamiento de las coberturas financieras sobre estos riesgos, etc.[3]. En todos estos organismos hubo un inusual grado de consenso en cuanto al objetivo que se debía alcanzar, esto es que, si se pretendía alcanzar la transparencia informativa para los instrumentos financieros, la única solución contable era el *valor razonable*, pero también hubo y hay un considerable grado de controversia acerca de lo adecuado de adoptar este método de valoración cuya introducción «simplista» podría introducir un considerable grado de subjetividad al estimar el valor razonable de buena parte de los instrumentos financieros, especialmente de aquellos que no tienen mercado activo, y, en consecuencia, resultar unas valoraciones, y por tanto unos estados financieros, poco fiables.

La elección del valor razonable frente al coste para valorar contablemente los derivados se fundamenta en dos motivos fundamentales. En primer lugar, porque el coste histórico de muchos derivados es cero, y, en segundo lugar, porque la existencia de mercados desarrollados donde se negocian los derivados y los acti-

[3] El FASB estuvo trabajando en un proyecto sobre «instrumentos financieros» desde 1986, y en 1990 emitió su primera norma el SFAS 105; con posterioridad se han emitido el SFAS 107, SFAS 119, SFAS 133, SFAS 140, SFAS 149 y SFAS 157. Por su parte, el IASB emitió en 1991 su primer borrador sobre «instrumentos financieros». Hasta el momento las normas emitidas son el IAS 32, el IAS 39 y la IFRS 7.

vos subyacentes, así como el desarrollo de técnicas y modelos de valoración que son ampliamente utilizados por los participantes para negociar, restan credibilidad a una información financiera basada en el coste histórico. No obstante, en ocasiones no resulta posible alcanzar un consenso respecto del valor razonable de ciertos derivados, bien porque el activo subyacente no sea activamente negociado, o bien porque las liquidaciones contingentes futuras dependan de decisiones ajenas, como, por ejemplo, un contrato que intercambia los intereses que genera un instrumento de deuda por los dividendos liquidados por la acción de una entidad. Ante estas situaciones, cuando no resulte posible valorar de una manera fiable un derivado, es más adecuado presentar la información respecto de su valor razonable del derivado como un rango de valor razonable dentro de las notas a los estados financieros en el balance de la entidad que elabora la información, informando únicamente en la memoria al respecto.

2. Criterios básicos en la contabilidad de los derivados

Los derivados crean derechos y obligaciones de carácter potencial o contingente a las partes implicadas desde el momento desde su contratación. Por ello, van a originar activos y pasivos según sea el signo de su valoración. Los derivados conceden generalmente en su inicio a una parte el derecho contractual a intercambiar activos o pasivos con la otra parte en condiciones que son potencialmente favorables, o conceden la obligación contractual de intercambiar activos o pasivos con la otra parte en condiciones que son potencialmente desfavorables. El derecho para intercambiar el activo financiero en condiciones potencialmente favorables o desfavorables es distinto del relativo al activo subyacente.

Como las condiciones del intercambio se establecen en el momento del nacimiento del derivado, dichas condiciones pueden convertirse en favorables o desfavorables a medida que cambie el valor del subyacente; es decir, las partes implicadas en el contrato se están transfiriendo uno o varios tipos de riesgos financieros inherentes al activo subyacente. Como regla general, una entidad debe[4] reconocer todos los instrumentos que cumplan la definición de derivado[5] en su balance como un activo o como un pasivo, dependiendo de los derechos u obligaciones procedentes de los contratos.

EJEMPLO 6.1.

Supongamos un contrato a plazo que se liquidará dentro de un año, en el que una de las partes, la empresa «A», entregará 2.000.000 de euros a cambio de títulos de deuda pública con un interés del 4% y un valor nominal de

[4] SFAS 133, párrs. 17 y 18.
SFAS 107, párrs. 5, 6 y 11.
IAS 39, párr. 9, párrs. 43, 45, 46, 47, 55, AG 15, AG 64, AG 66 y AG 76.

[5] Señalemos, únicamente a título ilustrativo, que no coinciden totalmente las definiciones de derivado emitidas por el IASB y por el FASB.

2.000.000, mientras que la otra parte, la empresa «B», entregará dichos títulos dentro de un año. Durante ese año ambas empresas tienen un derecho y una obligación contractual de intercambiar instrumentos financieros. Si el precio de mercado de las operaciones a plazo de los títulos de deuda pública sube por encima de 2.000.000 de euros, las condiciones serán favorables para la empresa «A» y desfavorables para la empresa «B»; si el precio de mercado cae por debajo de 2.000.000 de euros, se tendrá el efecto opuesto. El comprador tendrá un derecho contractual, un activo financiero, si las condiciones le son favorables, y una obligación contractual, un pasivo financiero, si las condiciones le son desfavorables. Esos derechos y obligaciones contractuales constituyen, respectivamente, activos y pasivos financieros que son distintos, y están separados, de los instrumentos financieros subyacentes: los títulos de deuda pública.

Todos los instrumentos derivados se valorarán, tanto inicialmente como en momentos posteriores, a su valor razonable. Si un derivado, que se reconocía previamente como activo financiero, se valora al valor razonable y este es negativo, pasará a reconocerse como un pasivo financiero.

El tratamiento contable de los cambios en el valor razonable de los derivados, es decir, de las pérdidas o ganancias de un derivado, depende de que el derivado forme parte de una cobertura contable o no. Las variaciones del valor razonable de un derivado que no forma parte de una cobertura contable (v.g., contrato firmado por una entidad el 2-1-20X5 por el que compra 20.000 $ a recibir el 1-6-20X5 a un tipo de cambio de 1 $ = 0,9 euros, siendo la finalidad de este contrato beneficiarse de las posibles subidas en la cotización del dólar) se reconocerán en la cuenta de resultados del ejercicio. Por el contrario, cuando el derivado forme parte de una cobertura contable (v.g., contrato firmado por una entidad el 2-1-20X5 por el que compra 50.000 $ a recibir el 1-9-20X5 a un tipo de cambio de 1 $ = 0,95 euros, siendo la finalidad de este contrato cubrirse de un desembolso de 50.000 $ que deberá realizar el 1-9-20X5), el reconocimiento en la cuenta de pérdidas y ganancias dependerá del tipo de cobertura del que forme parte.

EJEMPLO 6.2.

Supongamos que la entidad «A» adquiere un contrato que le concede el derecho a comprar acciones de «B» en una fecha futura, siendo las características del contrato las siguientes:

Fecha de adquisición del contrato: 10 de mayo de 2006.

Cotización de las acciones el 10 de mayo de 2006: 20 €/acción.

Nocional del contrato: 500 acciones de «B».

Precio de ejercicio: 20 €/acción (precio al que tiene derecho a comprar las acciones).

Vencimiento del contrato: 10 de julio de 2006.

Prima pagada por la opción: 300 €.

Valor razonable del contrato:

10 de mayo de 2006: 300 € (fecha de adquisición del contrato).

31 de mayo de 2006: 500 € (fecha de presentación de información financiera).

10 de junio de 2006: 490 € (fecha de liquidación del contrato por diferencias).

El valor razonable de una opción estándar se puede descomponer en:

I. Valor intrínseco. La diferencia entre el precio del subyacente en un momento determinado y el precio de ejercicio establecido.

II. Valor temporal. La diferencia entre el valor razonable del contrato y su valor intrínseco.

En este caso, el 10 de mayo, el valor intrínseco es 0 €, al coincidir la cotización y el precio de ejercicio; el valor temporal es 300 €, valor que refleja la posibilidad de que la cotización de las acciones se incrementará durante el periodo en el cual se puede ejercer la opción. El 31 de mayo, se ha incrementado el valor razonable del contrato, consecuencia de un incremento en el valor intrínseco, al subir la cotización de las acciones, y una reducción en el valor temporal, al ser menor el periodo que queda para ejercer el contrato y ser menor la probabilidad de que la cotización de las acciones continúe su ascenso en el periodo que queda para ejercer la opción.

El registro contable será:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
10-5-20X6	Derivado	300
	Tesorería	(300)
	Por el desembolso inicial, donde se paga la prima de la opción.	
31-5-20X6	Derivado	200
	Resultados	(200)
	Por el incremento del valor razonable de la opción. La ganancia no realizada se recoge en el resultado del ejercicio.	
10-6-20X6	Tesorería	490
	Resultados	10
	Derivado	(500)
	Por el cobro que recibirá de la contraparte en este momento. La entidad podría ejercer su contrato y comprar las acciones de «B» por 20 €/acción y venderlas en el mercado a un precio superior, si bien en la práctica no se compran y venden las acciones para liquidar el contrato, sino que se hace una liquidación neta del contrato.	

Por su parte, como consecuencia de esta operación, las posiciones en el balance y en la cuenta de resultados en cada una de las fechas serán:

Fecha	Balance		Resultados
	Activo	Pasivo	
10.05.20X6	300 Derivado	—	—
31.05.20X6	500 Derivado	—	200
10.06.20X6	490 Tesorería	—	190

Tanto el IASB como el FASB consideran que el valor razonable da a los usuarios la mejor información posible sobre los derivados. Definen el valor razonable[6] como la cantidad a la cual un activo (pasivo) se podría comprar (incurrir) o vender (liquidar) entre dos partes independientes e interesadas, es decir, sin ser una operación forzada ni resultado de una liquidación, y disponiendo ambos de los mismos niveles de información respecto a las características económicas y financieras del activo negociado. La cotización en un mercado activo[7] es la mejor evidencia del valor razonable y debería utilizarse como tal siempre que esté disponible. Si no existe un mercado activo podrán utilizarse la cotización de activos o pasivos similares o técnicas de valoración generalmente aceptadas (v.g., en el Ejemplo 6.2 de la anterior opción, se puede estimar el valor razonable usando el modelo de valoración de opciones de Black-Scholes). Si la entidad utiliza técnicas de valoración generalmente aceptadas, deberá emplear datos observables en la medida de lo posible, incorporar todos los factores que el mercado consideraría en la valoración y calibrar de forma periódica el modelo utilizando precios de transacciones ocurridas para el mismo instrumento.

La mejor evidencia del valor razonable de un instrumento financiero, al proceder a reconocerlo inicialmente, normalmente será el precio de la transacción, es decir, el valor razonable de la contraprestación dada o recibida. La normativa del IASB establece la siguiente restricción no establecida en la normativa del FASB: Si el precio de la transacción es distinto del valor razonable, solo podrá reconocerse el resultado cuando el valor razonable, bien se evidencia por comparación con otras transacciones de mercado reales observadas sobre el mismo instrumento, bien se basa en una técnica de valoración cuyas variables incluyan datos observables en el mercado. Esta posibilidad es frecuente entre contrapartes con acceso a distintos mercados (mayorista/minorista), o cuando se produzcan fenómenos de información asimétrica o de poder de mercado.

[6] SFAS 157, párrs. 5, 16, 17, 18 y 21.
IAS 32, párr. 11.
IAS 39, párrs. 48 A, 49, AG 69, AG 71, AG 73, AG 74 y AG 75.

[7] Mercado en el que ocurren transacciones con suficiente frecuencia y volumen para proporcionar información de los precios de manera continua.

3. Contratos de derivados no sujetos a la regla general de contabilidad

Las entidades, al elaborar la información financiera, no aplicarán la normativa contable de derivados a ciertos contratos derivados para los que existe una normativa contable específica, tal como los contratos[8] emitidos por la entidad para el pago a los empleados con instrumentos de capital propio (v.g., conocidos como «programas *stock options*») o los contratos emitidos por la entidad como pago contingente en una combinación de negocios (v.g., contratos por los que la entidad en una combinación de negocios, que pretenda ajustar el coste de la combinación y que esté sujeto a que el valor de cotización de la entidad adquirida supere un importe establecido). Igualmente, existen contratos a los que no se aplica la normativa contable general de derivados porque, aunque pudieran parecer derivados, no lo son. Esto ocurre en contratos como los siguientes[9]:

1. Contratos de compras o ventas de instrumentos financieros, en los cuales, como consecuencia del funcionamiento del mercado, transcurre un tiempo breve entre la fecha de negociación y la de liquidación (v.g., las operaciones de contado en el mercado de divisas se liquidan dos días hábiles después de su negociación). Estos dan lugar a un compromiso a precio fijo, entre la fecha de compra y la fecha de liquidación; sin embargo, a causa de la breve duración del compromiso, no se considera que se liquidan a fecha futura y no se tratan contablemente como instrumentos financieros derivados.
2. Contratos de compra o venta de un elemento diferente de un instrumento financiero, los cuales se celebran y se mantienen con el objetivo de recibir o entregar elementos no financieros, de acuerdo con las compras, ventas o requerimientos de utilización esperados por la entidad (v.g., la compraventa de petróleo a plazo realizada por una petrolera). Estos contratos se consideran compraventas convencionales, con independencia de que algunos contratos sobre compra de materias primas se han estandarizado en la forma y se negocian en mercados organizados de una manera muy similar a los instrumentos financieros derivados (v.g., un contrato de futuros sobre el petróleo puede ser comprado o vendido fácilmente a cambio de efectivo, porque se cotiza en un mercado organizado y puede cambiar de manos muchas veces).

[8] FAS 133, párrs. 11 y 289.
FAS 150, párr. C2 a).
IAS 32, párr. 4.
IAS 39, párr. 2, AG 4A.
IFRS 7, párr. 3.
[9] FAS 133, parrs. 5, 6 y 10.
FAS 149, parrs. 3 y 7.
IAS 32, párr. 4.
IAS 39, parrs. 2, 5, 6, AG 1, AG 3A, AG 10, AG 12, AG 12 A, AG 20, AG 21 y AG 22.
IFRS 7, párr. 3.

4. Coberturas contables

Las entidades con inversiones y financiaciones importantes en los mercados de capitales están expuestas a un importante riesgo de tipo de interés, es decir, se encuentran con un riesgo de que los valores razonables o los flujos de caja de los activos o pasivos sensibles al tipo de interés cambien en respuesta a los movimientos del tipo de interés. Por otro lado, las entidades con operaciones internacionales significativas están sometidas a otro riesgo importante: el riesgo de cambio, es decir, el riesgo de que los cambios en la cotización de las divisas afecten negativamente a los flujos de efectivo esperados de los negocios en divisas. Los derivados pueden utilizarse para gestionar estos riesgos, ya que pueden compensar los valores razonables y flujos de efectivo afectados negativamente por los cambios en el tipo de interés o en el tipo de cambio.

El incremento en la cantidad y variedad de instrumentos financieros derivados usados como coberturas y la incongruencia existente en las normas contables, que establecen que algunos elementos se valoren a valor razonable y otros al coste, motivó que tanto el IASB como el FASB estableciesen una normativa específica para el tratamiento contable de los derivados que formen parte de una cobertura financiera. Esta normativa establece cómo reconocer en la cuenta de resultados las variaciones en el valor razonable de los derivados, reconocimiento que dependerá de que la cobertura contable se clasifique como[10]:

1. De valor razonable
2. De flujos de efectivo
3. De una inversión en el extranjero.

Resulta necesario aplicar la normativa específica para el tratamiento de una cobertura cuando las normas contables establecen un tratamiento contable para el derivado que actúa como cobertura y otro tratamiento contable diferente para el elemento que se pretende cubrir, de forma que estos distintos tratamientos originan que no se refleje adecuadamente la cobertura financiera en la cuenta de resultados. Así, por ejemplo, si un derivado pretende cubrir las variaciones en el valor razonable de un bono que se valora a valor razonable, recogiendo los cambios del valor razonable en la cuenta de resultados en el momento de producirse, no resulta preciso un tratamiento contable especial para esta cobertura, ya que los resultados del bono y los del derivado se compensan en la cuenta de resultados al recogerse en el mismo momento, quedando reflejada adecuadamente la relación de cobertura. Por el contrario, si el bono se valora al coste, las variaciones del valor del bono no se reflejan íntegramente en la cuenta de resultados, a diferencia de lo que ocurre con todas las variaciones del valor del derivado, por lo que resulta necesario un tratamiento contable especial para reflejar adecuadamente la cobertura financiera.

[10] SFAS 133, párrs. 18, 216.
IAS 39, párrs. 71, 72, 78 y 86.

Como el objetivo a largo plazo del FASB y del IASB, según han manifestado estos organismos, es requerir la valoración de todos los instrumentos financieros a valor razonable, en los próximos años previsiblemente se irá reduciendo la actual incoherencia en la valoración, motivo por el cual la normativa de las coberturas contables irá perdiendo su actual importancia.

4.1. Cobertura del valor razonable

En una cobertura del valor razonable[11], se utiliza un derivado para cubrir (compensar) la exposición a los cambios en el valor razonable de un activo o pasivo reconocido en balance o de una transacción prevista. En una posición de cobertura perfecta, la ganancia o la pérdida como consecuencia de la variación del valor razonable del derivado y la ganancia o la pérdida por variación del valor razonable el del activo o pasivo cubierto deberían ser iguales y de signo contrario.

EJEMPLO 6.3.

Supongamos que la entidad AAA emite el 31.12.20X5 bonos a 10 años por un valor nominal 2.000.000 € con interés del 7% liquidable cada 31 de diciembre y que se valorarán en los estados financieros basándose en su coste amortizado. La entidad AAA está ofreciendo un interés fijo por los bonos, por ser lo demandado por los inversores en el momento de emisión. El 31.12.20X6 los tipos de interés han bajado y la entidad AAA estima que en el futuro caerán aún más, motivo por el cual se incrementará el valor razonable de los bonos, por lo que aquella sufrirá una pérdida económica. Para cubrirse contra el riesgo de estas pérdidas, la entidad AAA decide cubrir el riesgo de valor razonable de los bonos emitidos negociando el 31.12.20X6 un contrato de permuta de tipo de interés a nueve años con las siguientes condiciones: el 31 de diciembre de cada año la entidad AAA pagará un interés variable basado en el Euribor a un año y recibirá un tipo de interés fijo del 7%, todo ello calculado sobre un nocional de 2.000.000 €.

Considerando que se tiene la siguiente información:

Concepto	31.12.20X6	31.12.20X7
Euribor año	6%	5%
Valor razonable de los bonos emitidos	2.000.000	2.400.000 €
Valor razonable de la permuta	0	400.000 €

[11] SFAS 133, párrs. 20, 22, 23, 24, 25 y 26.
SFAS 149, párr. 12.
IAS 39, párrs. 85, 89, 89 A, 90, 91, 93, 94, AG 35 y AG 102.

Al caer el tipo de interés se producen dos efectos: en primer lugar, el valor razonable de la permuta se incrementará, por lo que la entidad AAA obtendrá una ganancia; en segundo lugar, el valor razonable de los bonos emitidos por AAA se incrementará, por lo que esta entidad sufrirá una pérdida. La permuta se ha convertido en una herramienta efectiva para la gestión del riesgo en este caso: su valor está relacionado con la misma variable, el tipo de interés, que afectará al valor razonable de los bonos emitidos; en consecuencia, al incrementarse el valor razonable de la permuta se compensan las pérdidas relacionadas de las obligaciones emitidas.

El registro contable del primer año será[12]:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
31.12.20X5	Tesorería	2.000.000
	Bonos emitidos	(2.000.000)
	Por la liquidez obtenida en la emisión de los bonos.	
31.12.20X6	Gastos por intereses	140.000
	Tesorería	(140.000)
	Por el pago de los intereses devengados por los bonos emitidos: 2.000.000 × 7%	
	La negociación de la permuta al tener un valor razonable nulo no genera movimiento contable.	
31.12.20X7	Gastos por intereses	140.000
	Tesorería	(140.000)
	Por el pago de los intereses devengados por los bonos emitidos: 2.000.000 × 7%	
	Derivado de cobertura	400.000
	Resultados por variación del valor razonable del derivado	(400.000)
	Por el incremento en el valor razonable del contrato de permuta consecuencia de la caída del tipo de interés.	
	Resultado por variación del valor razonable de los bonos	400.000
	Bonos emitidos	(400.000)
	Por el incremento en el valor razonable de los bonos emitidos consecuencia de la caída del tipo de interés.	

Podemos comprobar que, en las coberturas de valor razonable, las diferencias producidas tanto en los elementos de cobertura, en este ejemplo la permuta, como en los elementos cubiertos, en este caso los bonos, consecuencia del tipo de riesgo cubierto, se reconocen directamente en la cuenta de resultados. En consecuencia, el beneficio obtenido con la permuta compensa o cubre la

[12] En años futuros el tratamiento será similar.

pérdida obtenida con los bonos, consecuencia de la caída de los tipos de interés. Si comprobamos los efectos de la permuta en el balance y en la cuenta de resultados, observamos:

Balance de Situación a 31-12-20X7 (en €)			
Activo		**Pasivo**	
Contrato de permuta	400.000	Bonos emitidos	2.400.000
....		....	

Cuenta de resultados del ejercicio 20X7 (en €)	
Gasto por intereses (140.000 – 20.000)	(120.000)
Beneficio no realizado de la permuta	400.000
Pérdida no realizada del bono	(400.000)

Este tratamiento contable especial de las coberturas de valor razonable es necesario porque la normativa contable establece diferentes criterios de valoración. En efecto, la normativa contable establece que los bonos del ejemplo anterior se deberían valorar basándose en su coste y la permuta, al ser un derivado, se valoraría a su valor razonable. Sin embargo, para reflejar adecuadamente en la cuenta de resultados la naturaleza de la relación de cobertura entre la permuta y los bonos emitidos, resulta necesario este tratamiento contable especial que establezca que en las coberturas de valor razonable se valoren ambos instrumentos a valor razonable y se registren en el mismo período en la cuenta de resultados las ganancias o pérdidas de ambos instrumentos.

La entidad AAA ha utilizado una permuta de tipo de interés, para cubrir el riesgo de que los cambios en el tipo de interés hagan variar el valor razonable de las obligaciones que ha emitido a largo plazo. Esta permuta (Swap) presenta ventajas frente a las opciones y futuros a la hora de utilizarse como una cobertura: en primer lugar, muchas opciones y futuros se negocian en mercados organizados, motivo por el cual sus condiciones son las estándar, careciendo de la flexibilidad necesaria para diseñar los contratos a las circunstancias específicas del riesgo a cubrir. En segundo lugar, la mayoría de las opciones y futuros tienen plazos muy cortos, por lo que no pueden usarse para exposiciones de riesgo a largo plazo.

4.2. Cobertura de flujos de efectivo

Las coberturas de flujos de efectivo se utilizan[13] para cubrir las exposiciones al riesgo de flujos de tesorería, es decir, la exposición a la variabilidad de los flu-

[13] SFAS 133, párrs. 21, 28, 29, 30, 31, 32, 34 y 35.
IAS 39, párrs. 95, 96, 97, 98, 100, 101, AG 103.

jos de tesorería. Para reflejar adecuadamente en el balance y en la cuenta de resultado estas coberturas, los derivados que formen parte de una cobertura de flujos de efectivo se valoran a valor razonable, pero las pérdidas y ganancias consecuencia de los cambios del valor razonable se registran, transitoriamente, en el patrimonio neto en el momento en que se producen, en lugar de registrarse en la cuenta de resultados. Veamos dos ejemplos de coberturas de flujos de efectivo para ilustrar lo señalado.

EJEMPLO 6.4.

Supongamos, por ejemplo, que la entidad AAA, al planificar el 11 de julio de 20X7 su ciclo productivo en los próximos meses, establece que el 10 de enero de 20X8 deberá comprar 5.000 kg de naranjas para fabricar zumos envasados al vacío. Como consecuencia de las malas cosechas, a la entidad AAA le preocupa que se produzca en los próximos meses un incremento importante en el precio de los cítricos, motivo por el cual quiere protegerse contra este posible incremento. Para cubrir el riesgo que podría tener, al verse obligada a pagar en enero de 20X8 un precio superior al que se está pagando en estos momentos en el mercado por los cítricos, la entidad AAA negocia el 11 de julio de 20X8 un contrato de futuro con una entidad de crédito, contrato que pretende cubrir el riesgo de flujos de efectivo de una transacción prevista ya que la compra de naranjas todavía no se ha realizado. Este contrato da a la entidad AAA el derecho y la obligación de comprar 5.000 kg de naranjas el 10 de enero de 20X8 al precio al que se negocian en estos momentos en el mercado: 1 €/kg. Este derivado tiene como subyacente el precio del las naranjas. Si el precio de las naranjas en el mercado supera 1 €, el valor del contrato de futuro se incrementa, porque AAA podrá continuar comprando las naranjas a 1 €/kg. El contrato establece que se liquidará por su importe neto (liquidación por diferencias); es decir, AAA no comprará las naranjas a la entidad de crédito, sino que la entidad AAA y la entidad de crédito liquidarán el contrato pagando el importe en euros que corresponda al comparar los precios en cada fecha de liquidación.

Se tiene, además, la siguiente información adicional:

Variable	Importe en €
Valor razonable del derivado el 11-7-20X7	0
Precio del kg de naranjas el 31-12-20X7	1,5
Valor razonable del derivado el 31-12-20X7	2.500
Precio que se paga en el mercado el 10-1-20X8 por el kg de naranjas compradas	1,5
Importe obtenido el 21-1-20X8 por la venta de los zumos elaborados con las anteriores naranjas	10.000

El registro contable del primer año será[14]:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
11.07.20X7	*El valor razonable del contrato de futuro es cero, motivo por el cual únicamente se deberá informar en la memoria de la existencia del mismo.*	
31.12.20X7	Derivado de cobertura	2.500
	Patrimonio neto: Pérdidas y ganancias no realizadas	(2.500)
	Se ha incrementado el valor razonable del derivado, como consecuencia del incremento del precio de las naranjas. El derivado se ha registrado como un activo y la ganancia se ha recogido en el patrimonio neto, en lugar de recogerse en la cuenta de resultados del ejercicio. Esta ganancia no se recogerá en la cuenta de resultados hasta que se produzca la transacción prevista, es decir, hasta que se vendan los zumos que fabricará la entidad «A».	
10.01.20X8	Gasto por compra de naranjas	7.500
	Tesorería	(7.500)
	Por la compra de naranjas en la fecha prevista, al precio que tienen los cítricos en este momento en el mercado: 5.000 kg × 1,5	
	Tesorería	2.500
	Derivado de cobertura	(2.500)
	Por la liquidación neta del contrato de futuro: (1,5 – 1) × 5.000	
	Patrimonio neto: Pérdidas y ganancias no realizadas	2.500
	Gasto por compra de naranjas	(2.500)
	En el momento en que la entidad registra en la cuenta de resultados la plusvalía obtenida como consecuencia de la transacción prevista, se registra en la cuenta de resultados la ganancia obtenida con la cobertura y que se mantenía en el patrimonio neto.	
21.01.20X8	Tesorería	10.000
	Ingreso por venta de zumos	(10.000)
	Por la venta de los productos terminados elaborados con las naranjas compradas.	

La entidad AAA ha podido fijar el coste de su materia prima con este contrato derivado. Los 2.500 € de la liquidación neta del contrato de futuro compensan la subida que se ha producido en el precio de las naranjas y que ha tenido que pagar la entidad AAA, con lo cual el importe de la subida no ha supuesto una mayor salida de tesorería para esa entidad, al realizar una cobertura de flujos de tesorería, como se comprueba en la siguiente tabla.

[14] En años futuros el tratamiento será similar.

Concepto	Importe
• Salida de flujo de caja que desea realizar en enero de 20X8, pero que está afectada por el riesgo de una subida del precio de las naranjas.	5.000 kg × 1 €/kg = 5.000 €
• Salida de flujo de caja realizado en enero de 20X8 • Importe pagado en la compra • Importe recibido al liquidar el derivado **Salida neta**	 5.000 kg × 1,5 €/kg = 7.500 € (2.500 €) **5.000 €**

La ganancia originada por el contrato de futuro se ha mantenido en el patrimonio neto, hasta el momento en que se venden los zumos y se obtiene el resultado, comparando el coste de los productos vendidos con el precio de venta. La ganancia obtenida con el derivado reduce, al imputarse en la cuenta de resultados, el coste de los zumos vendidos; es decir, el gasto por la compra de narajas es 5.000 € (7.500 − 2.500). El derivado ha influido en los flujos de caja pagados finalmente y en el coste del producto vendido.

EJEMPLO 6.5.

La entidad XXX emite el 1-1-20X5 obligaciones de valor nominal 80.000.000 €, a 4 años, el tipo de interés es el Euribor, y los intereses se pagan al final de cada año. Las normas contables establecen que estas obligaciones se valoren basándose en su coste. Para cubrirse del riesgo de tipo de interés contrata una permuta de intereses, que se contabiliza como una cobertura de flujos de efectivo, con las siguientes características:

— Nocional: 80.000.000
— Paga: 3,18% anual liquidable el 31 de diciembre de cada año.
— Cobra: Euribor año, liquidable el 31 de diciembre de cada año.

El 31-12-20X5:

— El Euribor es el 3,20%.
— El valor razonable de la permuta es de 178.786 €.
— La entidad estima que, como consecuencia del incremento del Euribor en los próximos años, tendrá que pagar por los bonos emitidos un importe de intereses superior al pagado en el año 2005, siendo el incremento esperado, actualizado a 31-12-20X5, 162.696 €.

Podemos comprobar que el valor razonable de la permuta se ha incrementado en 178.786 euros y el incremento estimado de los intereses a pagar se ha incrementado en 162.696 euros, no coincidiendo ambos importes, es decir, la permuta no es totalmente eficaz. La normativa contable establece que sólo se recogerá en el patrimonio neto la variación del valor razonable del derivado que sea eficaz, recogiendo el resto en la cuenta de resultados, por este motivo los registros contables a realizar en el año 20X5 serían:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
1-1-20X5	Tesorería	80.000.000
	Obligaciones emitidas	(80.000.000)
	Por la emisión de las obligaciones.	
31-12-20X5	Gasto por intereses	2.560.000
	Tesorería	(2.560.000)
	Por la liquidación de intereses: 80.000.000 × 3,20%	
	Tesorería	16.000
	Resultados de la permuta	(16.000)
	Por la liquidación de la permuta (3,20% − 3,18) · 80.000.000	
	Derivado de cobertura: activo	178.786
	Ajustes del derivado en patrimonio neto	(162.696)
	Ajustes en resultados de la cobertura	(16.090)
	Por la variación del valor razonable de la permuta, recogiendo en el patrimonio neto únicamente la parte eficaz de la cobertura (162.696) y llevando el resto a la cuenta de resultados.	

El siguiente cuadro resume la cobertura de flujos de efectivo realizada en el año 20X5:

Concepto	1-1-20X5	31-12-20X5
Pasivo		
Obligaciones emitidas	80.000.000	80.000.000
Activo		
Derivado de cobertura		
Valor inicial	—	—
Variación	—	178.786
Total	**—**	**178.786**
Patrimonio neto		
Ajustes del derivado	—	162.696
Total	**—**	**162.696**
Resultados		
Gastos intereses	—	(2.560.000)
Resultado permuta		16.000
Ajustes en resultado de cobertura	—	16.090
Total		**(2.527.910)**

Como resumen, podemos señalar que en las coberturas de flujos de efectivo, la parte eficaz de la variación del valor razonable del instrumento de cobertura se registra transitoriamente en el patrimonio neto. Permanecerá en el patrimonio neto hasta el momento en que ocurran las transacciones previstas, en ese momento se registrará en la cuenta de resultados; salvo que se incluya en el coste de un activo o pasivo no financiero, en el caso de que las transacciones previstas terminen en el reconocimiento de activos o pasivos no financieros. La variación de valor de los derivados de cobertura por la parte ineficaz de la misma se registra directamente en la cuenta de resultados.

Cuando una opción estándar se utiliza como cobertura contable, la IAS 39 permite separar el valor intrínseco y el valor temporal de la opción e incluir sólo el valor intrínseco en la relación de cobertura. Este tratamiento, al excluir el valor temporal de las medidas de efectividad de la cobertura, origina una mayor complejidad de registro, así como una mayor volatilidad en la cuenta de resultados, debido a que todos los cambios en el valor temporal de la opción se registrarán en la cuenta de resultados. El FAS 133 no permite esta opción, debiéndose medir la efectividad con la variación total del valor razonable de la opción.

4.3. Cobertura de inversión neta en el extranjero

La cobertura de una inversión neta en un negocio en el extranjero se contabilizará de manera similar a las coberturas de flujo de efectivo[15]: la variación del valor razonable del derivado que es una cobertura eficaz, se reconocerá directamente en el patrimonio neto; y la parte ineficaz se reconocerá en el resultado del ejercicio. La pérdida o ganancia que ha sido reconocida directamente en el patrimonio neto, se llevará al resultado del ejercicio en el momento de la venta o disposición por otra vía del negocio en el extranjero.

EJEMPLO 6.6.

La entidad europea FFF adquiere el 1-1-20X4 el 100% de una entidad norteamericana, pagando 50.000.000 $. El 31-12-20X4 la entidad europea decide cubrir el riesgo de cambio, vendiendo dólares a plazo, a un tipo de cambio fijo establecido, y contabilizando esta venta como una cobertura contable.

La conversión a euros de la inversión en la entidad norteamericana origina unas diferencias negativas de conversión a 31-12-20X4 de 2.000.000 € y 3.500.00 € a 31-12-20X5, siendo por tanto la variación del año 20X5 de 1.500.000 €.

El valor razonable del contrato de venta a plazo pasa de tener un valor razonable igual a cero el 31-12-20X4 a tener un valor razonable de 1.680.000 € a 31-12-20X5; es decir, en el año 20X5 se ha incrementado por un importe de 1.680.000 €.

En este caso, la entidad «FFF» sólo recogerá en el patrimonio neto una variación de 1.500.000 €, la parte eficaz de la cobertura, recogiendo 180.000 € en la cuenta de resultados.

---

[15] SFAS 133, párrs. 36, 37, 38, 39, 40, 41 y 42.
IAS 39, párr. 102.

4.4. Las macrocoberturas

En algunas ocasiones, las entidades gestionan de forma conjunta las exposiciones al riesgo de sus carteras de activos y pasivos; a esta operación se la denomina macrocobertura[16]. Si bien resulta más eficiente realizar la cobertura elemento a elemento, cuando el número de partidas a cubrir es muy elevado resultaría preciso contratar un número elevado de derivados, motivo por el cual las entidades realizan macrocoberturas, consiguiendo gestionar el riesgo de una cartera de activos y pasivos con la contratación de un menor número de derivados. En estas coberturas el elemento cubierto se designa como cantidad y no como elemento concreto, siguiendo las mismas reglas que el resto de las coberturas, excepto en lo referente a la designación del elemento cubierto y algún otro ajuste necesario.

EJEMPLO 6.7.

Supongamos que una entidad presenta el siguiente balance de situación el 1-1-20X0 (en euros):

Activo		Pasivo	
Préstamos	70.000.000	Obligaciones	56.000.000
		Fondos propios	14.000.000
Total	70.000.000		70.000.000

Los préstamos tienen un valor nominal de 70.000.000 € y un interés del 4%. Las obligaciones tienen un valor nominal de 56.000.000 € y un interés del 3%. La cartera de préstamos y obligaciones tienen establecida una amortización contractual; sin embargo, la entidad, considerando la coyuntura económica, espera que algunos préstamos sean amortizados anticipadamente, según una tabla que ha elaborado con sus previsiones.

Ante la amortización anticipada de los préstamos, la entidad realiza una macrocobertura (cobertura conjunta de la cartera de préstamos y obligaciones), por lo que adquiere el 1-1-20X0 un derivado, cuyo valor razonable en ese momento es cero, para cubrir los flujos netos de caja esperados de dichos préstamos y obligaciones.

Actualizando los flujos de caja esperados de los préstamos y las obligaciones, el 1-1-20X0 la entidad debe cubrir un activo de 27.493.155 € y un pasivo de 10.054.358 €. El 31-12-20X0 la entidad actualiza los flujos netos esperados en esa fecha, y obtiene que el valor del activo a cubrir ahora es por valor de 27.516.073 € y el valor del pasivo a cubrir es de 10.074.357 €.

[16] IAS 39, párrs. 114, 115, 116, 117, 118, 119 y 120.

El derivado el 31-12-20X0 tiene un valor razonable de −49 €, que es la diferencia entre el valor actual de los cobros a recibir, por importe de 20.370 €, menos el valor actual de los pagos a realizar, por importe de 20.419 €.

El registro contable de esta macrocobertura de valor razonable sería:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
31-12-20X0	Derivado macrocobertura pasivo	(49)
	Resultado por valoración de macrocobertura	49
	Por la valoración a valor razonable de la macrocobertura.	
	Ajuste a activos financieros por macrocobertura	22.918
	Ajuste a pasivos financieros por macrocobertura	(19.999)
	Resultado valoración a valor razonable de la cartera	(2.919)
	Por la valoración a valor razonable de los elementos cubiertos. La inefectividad de la cobertura por valor de 2.870 (2.919 − 49) se recoge en resultados.	

5. Los productos híbridos o estructurados: Los derivados implícitos

La evolución y desarrollo de los mercados financieros desde la década de 1990 estimuló el diseño de estructuras financieras cada vez más complejas cuyo objetivo era satisfacer los deseos tanto de unos inversores deseosos de una oferta más amplia de productos como de los emisores para generar negocio que contribuyera a diversificar los riesgos financieros. El desarrollo de productos financieros que combinan en un mismo contrato un instrumento tradicional (v.g., un bono) con un instrumento derivado (v.g., una opción emitida) ha permitido satisfacer unas necesidades cada vez más particulares tanto de emisores como de inversores.

Pensemos en un inversor que adquiere un bono convertible. Este bono está compuesto por un título de deuda, elemento no derivado, y una opción para convertir el bono en acciones ordinarias, elemento derivado.

Un instrumento financiero híbrido[17] es un instrumento que incluye un contrato principal no derivado y uno o varios componentes que son derivados, los cuales se denominan derivados implícitos. En los instrumentos financieros híbridos alguno de los flujos de efectivo varía de forma similar al derivado, considerado de forma independiente. En efecto, el derivado implícito hace que algunos o la totalidad de los flujos de efectivo de un contrato se modifiquen, de acuerdo con un determinado subyacente (v.g., el tipo de interés, el precio de un instrumento

[17] SFAS 133, párr. 12.
IAS 39, párr. 10.

financiero, el precio de una materia prima cotizada, un tipo de cambio...). Cuando el derivado se adjunta a un instrumento financiero pero es contractualmente transferible de manera independiente, o tiene una contraparte distinta a la del instrumento no derivado, no será un derivado implícito, sino un instrumento financiero separado.

Para evitar que las entidades eludan las normas contables aplicables a los derivados cuando informen sobre los derivados implícitos, y conseguir la coherencia en su tratamiento contable con instrumentos derivados similares pero no implícitos, en los instrumentos híbridos deberá separarse el derivado implícito del contrato principal y contabilizarse como un derivado independiente, siempre que se cumplan los tres criterios siguientes[18]:

1. Las características y riesgos económicos del derivado implícito no están clara y estrechamente relacionadas con las características y riesgos económicos del contrato principal.
2. El instrumento híbrido no se valora conjuntamente por su valor razonable, ni se recogen los cambios en el valor razonable en la cuenta de resultados cuando se producen, es decir, no se trata contablemente como los derivados.
3. Un instrumento independiente del contrato principal, con las mismas condiciones que el derivado implícito, cumpliría la definición de derivado contable al que se le aplicaría la normativa contable de derivados.

Ejemplos de productos híbridos en los que el derivado debería segregarse del contrato principal son: depósitos de dinero cuya remuneración final está vinculada a la evolución de un índice bursátil, el precio de una acción, etc. Algunos ejemplos de estos depósitos ofrecidos por entidades de crédito españolas en el año 2007 son los recogidos en la Tabla 6.1.

Como ejemplo de productos híbridos en los que no debe segregarse el derivado del contrato principal pueden citarse los préstamos con opción de cancelación anticipada a favor del prestatario, a menos que el precio de ejercicio de la opción sea distinto al coste amortizado del contrato principal.

En los instrumentos híbridos, los derivados implícitos[19] se contabilizarán de modo similar a otros derivados. De esta forma, si un derivado implícito se separa de su contrato principal, el contrato principal debe contabilizarse según la normativa contable aplicable a instrumentos de ese tipo que no contienen instrumentos derivados implícitos. El importe en libros inicial del contrato principal es el importe residual después de separar el derivado implícito. Si una entidad no puede identificar y valorar de forma fiable el instrumento derivado implícito que debe

---

[18] FAS 133, párr. 12.
FAS 138, párr. 4.
IAS 39, párr. 11.
[19] FAS133, párr. 16.
FAS155, párr. 4(d).
IAS 39, párrs. 11, 11 A, 12, 13, AG 28 y AG 33 A.

separar del contrato principal (v.g., un derivado implícito basado en un instrumento de patrimonio no cotizado), el valor razonable del derivado será la diferencia entre el valor razonable del híbrido y el valor razonable del contrato principal; si no fuese practicable, todo el contrato debe valorarse por su valor razonable reconociendo las variaciones de valor en la cuenta de resultados, sin poder formar parte de una cobertura contable, tratando de evitar valoraciones menos fiables que la valoración obtenida al valorar todo el instrumento a valor razonable.

Tabla 6.1. Ejemplos de productos híbridos ofrecidos por entidades de crédito en los que el derivado debería segregarse del contrato principal.

Entidad	Ofertas de depósitos
BANCO SANTANDER	*Depósito Acierta* – Inversión a 3 años. – Rentabilidad vinculada a las subidas y bajadas del índice Eurostoxx 50: 40% de la subida del Eurostoxx 50 o 15% de la bajada del Eurostoxx 50. Rentabilidad 0% sólo si el índice Eurostoxx 50 no varía. – Recuperación total del capital invertido.
CAIXA GALICIA	*On Depósito 6 Doble* – Importe mínimo: 2.000 € (50% Imposición Fija y 50% Imposición Referenciada). – Intereses: Por la Imposición Fija: 6% TAE. Por la Imposición Refe renciada: Cesta de acciones (Telefónica y SCH). Si el valor de cierre de las dos acciones el 15/04/2008 se encuentra en el rango 85%-115% respecto a su valor de cierre el 18/10/2007 obtendrá un 12% nominal. En caso contrario no se abonará interés alguno.
CREDIT SUISSE	*1 Year EUR Note Linked to a Basket of Currencies versus USD* – Fecha de emisión: 29 octubre 2007. – Fecha de vencimiento: 29 octubre 2008. – Aportación mínima: 50.000€. – Importe de la amortización: Principal aportado × (1 + MAX(participación × Basket Performance, 0%)). Basket performance: $\sum_{i=1}^{n}\left[\frac{\text{Initial}_i - \text{Final}_i}{\text{Final}_i} \times W_i\right]$ Participación: 150% *n*: 5 *W*: 1/*n* Index: Tipo de cambio USD/CCY. Estando formado el CCY por las siguientes monedas: Singapore dollar, Korean won, Indian rupee, Chinese yuan, Indonesian rupiah.
BARCLAYS CAPITAL	*1yr S & P GSAG-ER Linked Principal Protected Note* – Fecha de emisión: 8 de junio de 2007. – Fecha de vencimiento: 8 de junio de 2008. – Amortización: $\left[100\% + 48\% \times \text{Máx}\left(0, \frac{\text{Index}_{\text{Final}}}{\text{Index}_{\text{Inicial}}} - 105\%\right)\right]$ Índice inicial y final de referencia: GSAC EXCESS Return Index publicado por Goldman Sachs Inc.

EJEMPLO 6.8.

Supongamos un banco que emite un depósito a plazo de dos años con las siguientes características:

- Importe mínimo: 1.000 €, estando el 100% del capital garantizado en el vencimiento.
- Plazo: dos años (emisión y colocación del depósito el 2-1-20X7).
- Interés: el 100% de la revalorización alcanzada por un índice bursátil europeo (el Eurostoxx 50).

En este caso, el depósito, tanto desde la perspectiva de la entidad de crédito como desde la perspectiva del inversor, puede considerarse un instrumentos financiero híbrido porque contiene un contrato no derivado, un instrumento sin rendimiento explícito que permite al inversor recuperar dentro de un año la inversión, y un derivado implícito, una opción de compra que hace que los intereses del depósito dependan de un variable subyacente: la cotización del Eurostoxx 50 en la fecha de vencimiento.

Suponiendo una inversión por el importe mínimo y que el valor razonable del derivado son 200 €, el registro contable de un inversor en el momento de la inversión sería:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
02.01.20X7	Tesorería	(1.000)
	Depósito cupón cero	800
	Opción adquirida sobre Eurostoxx 50	200

No obstante, una entidad que inicialmente deba separar un instrumento híbrido, reconocido como activo pasivo, adquirido o emitido, en un contrato principal y un instrumento derivado, podría elegir de forma irrevocable valorar, tanto inicial como posteriormente, ese instrumento financiero híbrido en su totalidad a valor razonable, recogiendo los cambios de valor razonable en la cuenta de resultados, debiendo documentar su elección. Esta elección también es posible cuando un instrumento financiero reconocido previamente esté sujeto a un acontecimiento de nueva valoración (v.g., una combinación de negocios). El instrumento financiero híbrido no podría ser una cobertura contable.

En el supuesto de valorar todo el instrumento financiero híbrido por su valor razonable, cualquier diferencia entre el precio de la transacción y el valor razonable estimado al comienzo de un instrumento financiero híbrido, para el que se aplique la elección de valorar a valor razonable, no se recogerá en la cuenta de resultados, a menos que el valor razonable estimado, bien se obtenga de un precio de mercado cotizado en un mercado activo, bien se manifieste por comparación con otras transacciones de mercados actuales observables, o bien se base en una técnica de valoración que incorpora datos de mercado observables.

6. Criterios para calificar una cobertura como contable

Tanto el IASB como el FASB enumeran una serie de criterios que las operaciones de cobertura deben cumplir para poder aplicar la normativa contable de coberturas[20]. Estos criterios pretenden asegurar que el tratamiento contable especial establecido para las coberturas se usa de una forma coherente en las diferentes operaciones de cobertura. Estos criterios se refieren a los siguientes aspectos: designación y documentación de la cobertura y efectividad de la relación de cobertura.

Sobre la designación y documentación de la cobertura, al inicio de la cobertura, debe existir una documentación de la relación de cobertura, donde se indica la estrategia seguida con la cobertura. Se debe identificar o designar el derivado que actúa como instrumento de cobertura, el instrumento o transacción cubierta, la naturaleza del riesgo que se cubre, indicándose cómo el instrumento de cobertura compensará los cambios en el valor razonable o flujos de tesorería atribuibles al riesgo cubierto. En resumen, debe haberse documentado adecuadamente que la contratación del derivado financiero tuvo lugar específicamente para servir de cobertura, siempre que esta forma sea coherente con la gestión de la entidad de los siguientes tipos de riesgos:

a) De variaciones en el valor razonable de los activos y pasivos debidos a oscilaciones, entre otras, en el tipo de interés y/o tipo de cambio al que se encuentre sujeta la posición o saldo a cubrir. En este caso se dice que el derivado forma parte de una cobertura de valor razonable.

b) De alteraciones en los flujos de efectivo estimados con origen en los activos y pasivos financieros, compromisos y transacciones altamente probables que se prevea llevar a cabo. En este caso se dice que el derivado forma parte de una cobertura de flujos de efectivo.

c) De una inversión neta en un negocio en el extranjero. En este supuesto, se dice que el derivado forma parte de una cobertura de inversiones netas en negocios en el extranjero.

Tanto el IASB como el FASB consideran que la designación y documentación son fundamentales para la aplicación de la normativa contable de las coberturas. Sin estos requerimientos, existirían entidades que intentarían aplicar la normativa contable de coberturas de forma retroactiva, para compensar en los estados financieros el impacto negativo obtenido, como consecuencia de los cambios en las condiciones de mercado, en una operación especulativa.

Respecto de la efectividad de la relación de cobertura, tanto al inicio como a lo largo del período de la cobertura, se espera que la operación de cobertura sea altamente eficaz a la hora de conseguir la compensación de los cambios en el valor razonable o de los flujos de efectivo. Por este motivo las entidades deben me-

[20] IAS 39, párrs. 74, 79, 81, 82, 83, 84, 88, AG 105, AG 106, AG 107, AG 108, AG 109, AG 110 y AG 111.

dir la efectividad de la cobertura siempre que preparen información para su posterior difusión externa. El criterio general a la hora de medir la efectividad es que el valor razonable o los flujos de efectivo del derivado que actúa como instrumento de cobertura cubran un rango entre el 80% y el 125% de los cambios de valor razonable, o en los flujos de efectivo del elemento cubierto.

El derivado de cobertura debe eliminar de forma eficaz algún riesgo inherente al elemento o posición cubierta durante todo el plazo previsto de cobertura, lo que implica que:

a) En el momento de iniciar la cobertura se espera que, en condiciones normales, esta actúe con un alto grado de eficacia, es decir, que exista una eficacia prospectiva.

b) Exista una evidencia suficiente de que la cobertura fue realmente eficaz durante toda la vida del elemento o posición cubierta, es decir, que exista una eficacia retrospectiva.

Si al medir la correlación esta no se encuentra próxima al 100%, bien al inicio de la cobertura o bien a lo largo del período de cobertura, el tratamiento contable especial de las coberturas no puede seguirse, y debe tratarse contablemente el derivado como un derivado independiente, es decir, siguiendo lo que hemos denominado principios básicos de la contabilidad de los derivados.

7. Informaciones financieras sobre los instrumentos derivados

Las normas contables emitidas por el IASB y el FASB para el tratamiento de los derivados recogen los criterios relativos a su reconocimiento, valoración y presentación. En los epígrafes anteriores ya hemos visto cómo deben reconocerse, valorarse, y cómo tratar los cambios en su valoración, por lo que en este epígrafe vamos a referirnos a los requerimientos de información que se tiene que presentar en los estados financieros. Estos requerimientos son aplicables a todas las entidades, con independencia del sector en que operen. Ahora bien, la extensión de los desgloses de información dependerá del grado de utilización que haga la entidad de los derivados.

Las entidades deberán[21] revelar información (tanto en el balance como en la cuenta de resultados y en la memoria), en primer lugar, acerca de la relevancia de los instrumentos derivados sobre su situación financiera y sobre su rendimiento, dada la incertidumbre que plantean los derivados. En segundo lugar, información cualitativa y cuantitativa acerca de la naturaleza y alcance de los riesgos

[21] SFAS 133, párrs. 44, 45 y 138.
SFAS 107, párrs. 10, 11, 12, 13, 14 y 15.
SFAS 157, párrs. 32 y 33.
IFRS 7, párrs. 9, 10, 12, 13, 14 ,15, 16, 17, 18 y 19.

procedentes de los derivados[22], así como la forma de gestionar dichos riesgos; se exige un mínimo de información pública sobre el riesgo de crédito, riesgo de liquidez y riesgo de mercado. La información cualitativa consistirá en una descripción que permita a los usuarios de los estados financieros conocer los objetivos, las políticas y los procedimientos de gestión de los riesgos originados por los derivados. La información cuantitativa será una medición sobre la exposición que tiene la entidad a los riesgos inherentes a los derivados; para que el coste de obtener esta información no sea muy elevado, esta medición puede basarse en la información interna para la gestión del personal clave de la dirección de la entidad.

En relación con la relevancia de los derivados, la entidad informará sobre el valor razonable de todos los derivados, distinguiendo entre activos y pasivos, así como si forman parte o no de una cobertura contable. Se informará sobre los métodos de valoración utilizados para obtener el valor razonable (v.g., cotizaciones en mercados activos, técnicas de valoración) y, en el caso de utilizar técnicas de valoración, sobre los modelos e hipótesis utilizadas; asimismo, se informará detalladamente sobre las hipótesis que no se basen en operaciones ni datos observables de mercado, así como de los cambios significativos en el valor razonable que sean consecuencia de cambios en las hipótesis. Si una entidad no puede estimar el valor razonable, deberá recoger la información relevante necesaria para obtener el valor razonable y las razones que le impiden su estimación.

Recogemos seguidamente, a título de ejemplo, en las Tablas 6.2 a 6.4, la información presentada por el Grupo Santander a 31 de marzo de 2007.

Tabla 6.2. Valor razonable de los derivados de negociación.

a) Derivados de negociación

A continuación se presenta un desglose del valor razonable de los derivados de negociación contratados por el Grupo, clasificados en función de los riesgos inherentes:

	Miles de €			
	31-03-07		**31-12-06**	
	Saldo deudor	**Saldo acreedor**	**Saldo deudor**	**Saldo acreedor**
Riesgo de interés	25.022.469	23.777.616	24.522.311	24.785.804
Riesgo de cambio	2.763.830	3.738.806	3.416.681	4.204.816
Riesgo de precio	4.345.575	8.870.368	5.121.227	7.938.554
Otros riesgos	697.918	1.039.307	1.924.072	1.808.944
	32.829.792	**37.426.097**	**34.984.291**	**38.738.118**

[22] La normativa exige información adicional cuando la exposición al cierre no sea representativa de la exposición que se ha tenido durante el ejercicio, y debe presentarse la exposición máxima y mínima durante el ejercicio.

Tabla 6.3. Valor razonable de los derivados de cobertura.

11. Derivados de cobertura

A continuación se presenta un desglose, por tipos de riesgos cubiertos, del valor razonable de los derivados designados como cobertura contable (véase Nota 36):

	Miles de €			
	31-03-07		31-12-06	
	Activo	Pasivo	Activo	Pasivo
Coberturas del valor razonable	2.609.850	(3.614.954)	2.866.213	(3.340.480)
Coberturas de flujos de efectivo	180.108	(135.795)	98.220	(132.658)
De los que: Registrados en patrimonio (Nota 29)	—	(14.789)	—	(49.252)
Coberturas de inversiones netas en negocios en el extranjero	56.328	(26.290)	23.531	(20.711)
	2.846.286	**(3.777.039)**	**2.987.964**	**(3.493.849)**

Tabla 6.4. Técnicas de valoración.

11. Técnicas de valoración

A continuación se indica un resumen de las diferentes técnicas de valoración seguidas por el Grupo en la valoración de los instrumentos financieros registrados a su valor razonable al 31 de marzo de 2007:

	Millones de €		
	Cotizaciones publicadas en mercados activos	Modelos internos (*)	Total
Cartera de negociación (activo)	81.870	82.979	164.849
Otros activos financieros a valor razonable con cambios en pérdidas y ganancias	4.559	11.066	15.625
Activos financieros disponibles para la venta	29.066	5.005	34.071
Derivados de cobertura (activo)	—	2.846	2.846
Catera de negociación (pasivo)	36.480	89.537	126.017
Otros pasivos financieros a valor razonable con cambios en pérdidas y ganancias	243	12.270	12.513
Derivados de cobertura (pasivo)	—	3.777	3.777
Pasivos por contratos de seguros	9.821	2.210	12.031

(*) En su práctica totalidad, se emplean datos observables de mercado.

Las principales técnicas usadas por los «modelos internos» son las siguientes:

– En la valoración de instrumentos financieros que permiten una cobertura estática (principalmente *forwards* y *swaps*), se emplea el método del «valor presente».

– En la valoración de instrumentos financieros que requieren una cobertura dinámica se emplea, básicamente, el modelo de «Black-Scholes».

– En aquellos instrumentos financieros afectados por el riesgo de tipo de interés, se emplea el modelo de «Health-Jarrow-Morton» a la hora de analizar la correlación por divisas.

- En aquellos instrumentos financieros afectados por el riesgo de tipo de interés, se emplea el modelo de «Health-Jarrow-Morton» a la hora de analizar la correlación por divisas.
- El riesgo de crédito se valora conforme a modelos dinámicos similares a los empleados en la valoración del riesgo de interés.

Las valoraciones así obtenidas podrían resultar diferentes si se hubieran aplicado otros métodos u otras asunciones en el riesgo de interés, en los diferenciales de riesgo de crédito, de riesgo de mercado, de riesgo de cambio, o en sus correspondientes correlaciones y volatilidades. No obstante todo lo anterior, la Dirección del Grupo considera que el valor de los activos y pasivos financieros registrados en el balance consolidado, así como los resultados generados por estos instrumentos financieros, son razonables.

El potencial efecto que se derivaría de un cambio en las principales asunciones (modelos, correlaciones y dividendos) hacia otras asunciones razonables supondría, en el caso de emplear asunciones menos favorables, unas menores plusvalías de 146 millones de euros. El empleo de asunciones razonables más favorables que las empleadas por el Grupo supondría unas mayores plusvalías de 193 millones de euros.

El importe total registrado en los resultados del primer trimestre de 2007 derivados de los modelos de valoración indicados anteriormente, asciende a 522 millones de euros de pérdidas.

Con estas tres tablas recogidas en la memoria, se ayuda a los usuarios de los estados financieros a calibrar los datos que figuran en el balance y en la cuenta de resultados sobre los derivados, permitiendo valorar la bondad de los valores obtenidos con un modelo de valoración.

Respecto a la información sobre los riesgos, resulta necesario presentar una información mínima básicamente sobre el riesgo de crédito, riesgo de liquidez y riesgo de mercado. Referente al riesgo de crédito se debe dar información sobre el máximo nivel de exposición a este riesgo, es decir, sobre la máxima pérdida posible por incumplimiento de la contraparte; señalándose, por ejemplo, en la memoria que, como consecuencia de los derivados, la exposición máxima al riesgo de crédito es de 8.000.000 € en el año 20X7 y 6.000.000 € en el año 20X6.

Con relación a la posibilidad de tener dificultades de atender a las obligaciones asociadas a los derivados, riesgo de liquidez, se informará de los plazos en que tiene la entidad que realizar flujos de caja para atender a los derivados y cómo se gestiona este riesgo.

Las entidades deben informar sobre los riesgos de mercados de los derivados (riesgo consecuencia de cambios en los precios de mercado de los derivados), distinguiendo entre riesgo de tipo de cambio, riesgo de tipo de interés y otros riesgos de mercado. Una metodología utilizada por las entidades es un análisis de la sensibilidad para cada variable de riesgo relevante dejando constante el resto de las variables; por ejemplo, indicando el efecto sobre el patrimonio neto y la cuenta de resultados de una subida de 100 puntos básicos del tipo de interés (variación razonablemente posible), dejando el resto de las variables constantes.

Una medida más sofisticada que la anterior para informar sobre el riesgo de mercado sería un análisis de sensibilidad que refleje las interdependencias entre variables. Así, en la actualidad, una de las medidas más utilizadas a nivel internacional para la medición de los riesgos de mercado es la denominada «valor en riesgo» (*Value at Risk*-VaR). El «valor en riesgo» es una medida estadística de riesgo de mercado que estima la pérdida máxima que podría registrar una cartera en un intervalo de tiempo y con cierto nivel de confianza.

La Tabla 6.5 muestra parte de la información recogida en el Informe Anual del año 2006 del Grupo Banco Popular.

Tabla 6.5. Información sobre el VaR.

(…)
El indicador utilizado para medir el riesgo de mercado de la cartera de negociación es el denominado Valor en Riesgo-Value at Risk (VaR), definido como la pérdida potencial máxima que resultaría de una variación determinada de precio en un período de tiempo dado. El VaR se calcula diariamente mediante la estimación estadística de la evolución de los precios, con un nivel de confianza del 99%, a partir de su comportamiento histórico, y tomando el plazo de 1 día para medir las posibles pérdidas, ya que todas las posiciones abiertas son altamente líquidas.
(…)

Esta entidad indica la pérdida máxima que puede tener en un día con una probabilidad del 99%, considerando en esta medida el posible movimiento de diferentes variables.

Recogemos en la Tabla 6.6, para finalizar, y a título ilustrativo, parte de la información sobre la política de derivados recogida en los estados financieros consolidados del Grupo Telefónica correspondientes al año 2006.

Tabla 6.6. Política de derivados.

A 31 de diciembre de 2006, el importe nominal de derivados vivos contratados con contrapartidas externas ascendía a 120.267 millones de euros. Este importe constituye un incremento de un 107% sobre las cifras presentadas en 2005 (…)
La política seguida en la utilización de derivados ha puesto énfasis en los siguientes puntos:
1. Existencia de subyacente claramente identificado, sobre el que se aplica el derivado.
Entre los subyacentes aceptables se incluyen los resultados, ingresos y flujos tanto en divisa funcional de la empresa como en divisas distintas de la moneda funcional. Dichos flujos pueden ser contractuales (deuda y pago de intereses, pago de cuentas a pagar en moneda extranjera...), razonablemente seguros o previsibles (programa de capex, futuras emisiones de deuda, programas de papel comercial...). La consideración como subyacente de los casos mencionados anteriormente no dependerá de si se adaptan o no a los criterios exigidos por las normas contables para el tratamiento de los subyacentes como partidas cubiertas. (…)
Las coberturas con sentido económico, es decir que tienen un subyacente asignado y que, en ciertas circunstancias, pueden compensar las variaciones de valor del subyacente, no siempre cumplen los requisitos y tests de efectividad establecidos por la normativa contable para ser tratadas como tales coberturas. La decisión de mantenerlas una vez no se supera el test de efectividad o si no se cumplen ciertos requisitos, dependerá de la variabilidad marginal en la cuenta de resultados que pueden producir y por lo tanto de la

dificultad que puede conllevar a seguir el principio de estabilizar la cuenta de resultados. En todo caso las variaciones se registran en la cuenta de resultados. (…)

2. Ajuste entre subyacente y uno de los lados del derivado.

Este ajuste se persigue esencialmente para la deuda en divisa extranjera y los derivados de cobertura de los pagos en divisa extranjera en las filiales del Grupo, como forma de anular el riesgo a oscilaciones de tipo de interés en moneda extranjera. No obstante, aun buscando una cobertura perfecta de los flujos, la escasa profundidad de ciertos mercados, en especial los asociados a divisas latinoamericanas ha hecho que históricamente existieran desajustes entre las características de las coberturas y las deudas cubiertas. La intención del Grupo Telefónica es reducir dichos desajustes, siempre que ello no conlleve costes de transacción desproporcionados. En este sentido, si el ajuste no es posible por las razones mencionadas, se buscará modificar la duración financiera del subyacente en moneda extranjera de forma que el riesgo en tipo de interés en moneda extranjera sea lo más reducido posible.

En ciertas ocasiones, la definición del subyacente al que se asigna el derivado, no coincide con la totalidad temporal de un subyacente contractual.

3. Coincidencia entre la empresa que contrata el derivado y la empresa que tiene el subyacente.

En general, se busca que el derivado de cobertura y el subyacente o riesgo que cubre estén en la misma empresa. Sin embargo, en otras ocasiones, las coberturas se han efectuado en entidades holding de las empresas donde está registrado el subyacente (Telefónica S.A. y TISA). Las principales razones para la mencionada separación entre la cobertura y el subyacente han sido la posibilidad de diferencias en la validez legal de las coberturas locales frente a las internacionales (como consecuencia de cambios legales imprevistos) y la diferente calidad crediticia de las contrapartidas (tanto de las compañías del Grupo involucradas como las de las entidades bancarias).

4. Capacidad de valoración del derivado a precio de mercado, mediante los sistemas de cálculo de valor disponibles en el Grupo.

Telefónica utiliza varias herramientas para la valoración y gestión de riesgos de los derivados y de la deuda. Entre ellas destaca el sistema Kondor+, licenciado por Reuters, de uso extendido entre diversas entidades financieras, así como el las librerías especializadas en cálculo financiero MBRM.

5. Venta de opciones sólo cuando existe una exposición subyacente.

Sólo se permite la venta de opciones cuando: i) hay una exposición subyacente (registrada en balance o asociada a un flujo externo altamente probable) que contrarresta la pérdida potencial por el ejercicio de la opción por la contrapartida, o ii) esta opción forma parte de una estructura donde exista otro derivado que puede compensar dicha pérdida. Igualmente se permite la venta de opciones incluidas en estructuras de opciones donde en el momento de la contratación la prima neta sea mayor o igual a cero.

Como ejemplo se considera factible la venta de opciones a corto plazo sobre swaps de tipos de interés, que dan a la contrapartida el derecho de entrar en un swap recibiendo un tipo fijo determinado, inferior al nivel vigente en el momento de vender la opción; de este modo si los tipos bajan, Telefónica pasaría parte de su deuda de tipo variable a tipo fijo, a niveles inferiores a los iniciales, habiendo cobrado una prima.

6. Contabilidad de Cobertura:

Los riesgos cuya cobertura puede contabilizarse como tal son principalmente:

- La variación de los tipos de interés de mercado (bien del tipo monetario, bien «spread» de crédito, o de ambos) que influye en la valoración del subyacente, o en la determinación de los flujos.
- La variación del tipo de cambio que modifica la valoración del subyacente en términos de la moneda funcional de la empresa y que influye en la determinación respecto a la moneda funcional del flujo.
- La variación de la volatilidad asociada a cualquier variable financiera, activo o pasivo financiero, que modifique bien la valoración bien la determinación de flujos en deudas o inversiones con opciones implícitas sean éstas separables o no.

- La variación de la valoración de cualquier activo financiero, en especial acciones de empresas que estén dentro de la cartera de «disponible para la venta».

En relación al subyacente,

- Las coberturas podrán ser por la totalidad del importe o por una parte del mismo.

- El riesgo a cubrir puede ser todo el plazo de la operación, o bien por una fracción temporal de la misma.

- El subyacente, puede ser una transacción futura altamente probable, o bien ser un subyacente contractual (un préstamo, un pago en divisa extranjera, una inversión, un activo financiero...) o bien una combinación de ambas situaciones que conformen una definición de subyacente más extensa en cuanto al plazo del mismo.

Así pues se dan casos en que las coberturas contratadas tiene plazos mayores que los subyacentes contractuales a las que están asociadas. Esto sucede cuando Telefónica entra en swaps, caps, o collars de largo plazo para protegerse de subidas de tipos de interés que pudieran elevar los costes financieros generados por los pagarés, el papel comercial y ciertos préstamos aflotante con vencimientos inferiores a los de la cobertura. La probabilidad de renovar dichas operaciones de financiación a tipo flotante es muy elevada y a ello se compromete la Empresa al definir el subyacente de una forma más general como un programa de financiación a tipos flotantes cuyo vencimiento coinciden con el vencimiento de la cobertura.

La tipología de las coberturas puede ser:

- De valor razonable.
- De flujo efectivo, (…)
- De inversión neta asociada a filiales extranjeras que se integren en la consolidación del Grupo. (…)

Las coberturas podrán estar formadas por un conjunto de derivados.

La gestión de las coberturas contables no tendrá por qué ser estática, con relación de cobertura invariable hasta el vencimiento de la cobertura sino que podrán alterarse las relaciones de cobertura para poder realizar una gestión adecuada siguiendo los principios enunciados de estabilizar los flujos de caja, los resultados financieros y proteger el valor de los recursos propios. Así pues, la designación de las coberturas podrá ser revocada como tal, antes del vencimiento de la misma, bien por un cambio en el subyacente, bien por un cambio en la percepción del riesgo en el subyacente. Los derivados incluidos en esas coberturas podrán ser reasignados a otras posibles nuevas coberturas que deberán cumplir los test de efectividad y estar bien documentadas. Para medir la eficacia de las operaciones definidas como coberturas contables, la sociedad lleva a cabo un análisis sobre en qué medida los cambios en el valor razonable o en los flujos de efectivo del elemento de cobertura compensarían los cambios en el valor razonable o flujos de efectivo del elemento cubierto atribuibles al riesgo que se pretende cubrir, utilizando para este análisis el método de regresión lineal.

Las directrices de la gestión de riesgos son impartidas por Dirección General de Finanzas Corporativas del Grupo Telefónica, e implantadas por los directores financieros de las compañías (asegurando la concordancia entre los intereses individuales de las compañías y los del Grupo). La Dirección General de Finanzas Corporativas puede autorizar desviaciones respecto de esta política por motivos justificados, normalmente por estrechez de los mercados respecto al volumen de las transacciones o sobre riesgos claramente limitados y reducidos. Asimismo, la entrada de empresas en el grupo como consecuencia de adquisiciones o fusiones, requiere un tiempo de adaptación. (...)

8. La remuneración del trabajo basada en instrumentos derivados. Las *stock options*

Las opciones sobre acciones (*stock options*) son instrumentos que dan a determinados empleados la opción de comprar acciones ordinarias de la entidad en la que trabajan, a un precio determinado y durante un período de tiempo establecido. Estas opciones, aunque cumplen la definición de derivados, no se rigen por las normas contables de los derivados, sino por la normativa específica que han emitido tanto el IASB como el FASB.[23].

Supongamos que un empleado de la entidad FFF recibe como parte de su remuneración salarial la opción de comprar 500 acciones ordinarias de la entidad FFF, con las siguientes condiciones:

— Fecha de la concesión: 2-1-20X7.

— Período para ejercitar la opción: 10 años.

— Precio de mercado de las acciones el 2-1-20X7: 50 €.

— Precio de ejercicio de las opciones: 50 €.

— En la liquidación el empleado no recibirá acciones de la sociedad FFF sino que se realizará una liquidación neta, recibiendo el importe monetario correspondiente.

Con este ejemplo podemos plantearnos varias cuestiones: ¿Cuál es el valor de la remuneración recibida por este empleado y, en consecuencia, el gasto de la empresa? ¿Cuándo debe imputar el gasto la entidad FFF?

En relación con el valor de la remuneración, una posible respuesta sería señalar que esta remuneración no tiene ningún valor, al ser cero la diferencia entre el precio de mercado y el precio de ejercicio en el momento de la concesión. Otra posible respuesta sería indicar que esta remuneración sí tiene un valor, ya que si la cotización de las acciones de la entidad FFF supera los 50 € a lo largo de los próximos 10 años y el trabajador ejercita su opción, recibirá un importe monetario. Por ejemplo, si el 31-12-20X7 el precio de mercado de las acciones de FFF es 80 € y el trabajador ejercita en ese momento su opción, el trabajador recibirá una remuneración de 15.000 € (500 × (80 − 50)).

[23] SFAS 123 «Accounting for Stock-Based Compensation».
IFRS 2 «Share-based Payment».

Siguiendo las dos anteriores respuestas, una posible opción de la empresa FFF sería valorar la remuneración por su valor intrínseco, es decir, como la diferencia entre el precio de mercado de la acción de FFF y el precio de ejercicio en la fecha de la concesión, basándonos en que el valor de la remuneración no tiene que depender de factores externos a la empresa; en este ejemplo la entidad FFF no tendría ningún gasto, por entregar algo sin valor, al coincidir en la fecha de concesión el precio de mercado y el precio de ejercicio.

La segunda opción, sería valorar la remuneración por el valor razonable de la opción concedida al empleado en pago a sus servicios, presuponiendo que el valor de las opciones entregadas coincide con el valor de los servicios recibidos por la empresa. En esta segunda opción, la entidad FFF deberá utilizar en la fecha de la concesión de las opciones un modelo de valoración de opciones aceptado, con los ajustes necesarios que requiera el modelo para adaptarlo a las condiciones concretas de estas opciones concedidas, dependiendo la valoración de la remuneración de factores ajenos a la empresa: volatilidad de la acción de «FFF», vida esperada de las opciones, tipo de interés libre de riesgo y dividendos esperados de la acción de FFF durante la vida de la opción. El gasto de la remuneración, determinado en la fecha de la concesión por una de las opciones anteriores, debería imputarse a la cuenta de resultados de los períodos en los que el empleado presta los servicios que le dan derecho a la remuneración.

Los reguladores contables no han establecido un tratamiento contable coincidente. El FASB recomienda, pero no exige, valorar por el valor razonable de las opciones concedidas a los empleados por sus servicios prestados, permitiendo la valoración por su valor intrínseco; el IASB requiere que se valoren por su valor razonable, permitiendo únicamente el valor intrínseco cuando no resulte posible obtener de forma fiable el valor razonable. En general, si se valora a valor razonable, se obtiene un mayor gasto de personal que si se valora por su valor intrínseco, hecho que ha motivado que numerosas empresas norteamericanas se hayan decantado principalmente por utilizar el valor intrínseco, presionando para que se mantenga esta opción[24].

EJEMPLO 6.9.

Supongamos que el 2-1-20X5 la entidad MMM concede un plan de remuneración a los 20 directivos de la empresa, con las siguientes características:

— Cada directivo tiene derecho a comprar 5.000 acciones ordinarias de la entidad.

— Precio de ejercicio: cada acción se podrá comprar a un precio de 20 €.

— Valor nominal de las acciones: 10 €.

— Precio de mercado el 2-1-20X5: cada acción tiene un precio de 35 €.

[24] Este es uno de los numerosos ejemplos en que un regulador contable se enfrenta con intereses económicos, que defienden un tratamiento contable basándose en las consecuencias económicas que origina, corriendo el peligro de que la normativa contable pierda toda su credibilidad.

— Período de ejercicio: las opciones se podrán ejercitar en los próximos cinco años.

— Condiciones para ejercitar la opción: el trabajador deberá continuar en la empresa como mínimo dos años y no haberla abandonado en el momento de ejercitar la opción.

Supongamos igualmente que:

— El valor razonable de cada opción el 2-1-20X5, aplicando un modelo de valoración de opciones, es de 23 €.

— Todos los directivos permanecerán en la empresa el 2-1-20X7.

— El 20% de los directivos ejerce sus opciones el 10-6-20X7 y el 80% no ejerce sus opciones por haber abandonado la empresa.

A) Si la entidad valora por el valor intrínseco, valoraría el gasto de la siguiente forma:

— Valor de cada opción = Valor de mercado − Precio de ejercicio = 35 − − 20 = 15 €.

— Valor razonable de la remuneración = 15 × 5.000 × 20 = 1.500.000 €.

El registro contable sería:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
31-12-20X5	Gasto de personal	750.000
	Patrimonio neto: opciones sobre acciones	(750.000)
	No debe realizar ningún registro en la fecha de la concesión (2/1/200); únicamente debe registar el gasto correspondiente al primer año (1.500.000/2).	
31-12-20X6	Gasto de personal	750.000
	Patrimonio neto: opciones sobre acciones	(750.000)
	Registro del gasto correspondiente al segundo año (1.500.000/2).	
10-6-20X7	Tesorería	400.000
	Patrimonio neto: opciones sobre acciones	300.000
	Capital (acciones ordinarias emitidas)	(200.000)
	Reservas	(500.000)
	En el momento en que ejercitan la opción el 20% de los directivos: *– La empresa recibe en metálico: 20 × 20% × 5.000 × 20 = 400.000* *– La empresa anula las opciones de los directivos que han ejercido su derecho: 1.500.000 × 20% = 300.000* *– Emite acciones ordinarias: 20 × 20% * 5.000 * 10* *– Surgen reservas, al recibir la empresa un importe superior al valor nominal de las acciones: 400.000 + 300.000 − 200.000 = 500.000*	

(*continúa*)

(*continuación*)

2-1-20X0	Patrimonio neto: opciones sobre acciones	1.200.000
	Gastos de personal	(1.200.000)
	El 80% de los directivos no ha ejercido su opción, motivo por el cual hay que anular las opciones emitidas: 1.500.000 × 80%. Estos directivos no han cumplido la condición establecida para poder ejercer la opción, por lo que se ha ajustado el valor del gasto de personal registrado en ejercicios anteriores, al tratarse de un cambio en una estimación contable. Cuestión diferente sería que no se hubiese ejercido la opción cumpliendo las condiciones, en cuyo caso no se ajustaría el gasto de personal; por el contrario, deberían reclasificarse estas opciones en otra cuenta de patrimonio neto.	

B) Si la entidad valora por el valor razonable, valoraría el gasto de la siguiente forma:

— Valor razonable de la remuneración = 23 × 5.000 × 20 = 2.300.000 €.

El registro contable sería:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
31-12-20X5	Gasto de personal	1.150.000
	Patrimonio neto: opciones sobre acciones	(1.150.000)
	No debe realizar ningún registro en la fecha de la concesión; únicamente debe registrar el gasto correspondiente al primer año (2.300.000/2).	
31-12-20X6	Gasto de personal	1.150.000
	Patrimonio neto: opciones sobre acciones	(1.150.000)
	Registro del gasto correspondiente al segundo año (2.300.000/2).	
10- 6-20X7	Tesorería Patrimonio neto: opciones sobre acciones	400.000 460.000
	Capital (acciones ordinarias emitidas)	(200.000)
	Reservas	(660.000)
	En el momento en que el 20% de los empleados ejerce sus opciones, la empresa: *– Recibiría tesorería: 20 × 20% × 20 × 5.000 = 400.000* *– Anularía las opciones: 20% × 2.300.000 = 460.000* *– Ampliaría capital: 20% × 20 × 5000 × 10 = 200.000* *– Se incrementarían las reservas por el importe recibido que supera el valor nominal: 400.000 + 460.000 – 200.000 = 660.000*	
2-1-20X0	Patrimonio neto: opciones sobre acciones	1.840.000
	Gastos de personal	(1.840.000)
	El 80% de los directivos no ha ejercido su opción, motivo por el cual hay que anular las opciones emitidas: 2.300.000 × 80%.	

Estas opciones no se negocian en mercados organizados, motivo por el cual es preciso la estimación de su valor razonable. En este caso, vemos como el valor razonable se ha reconocido a lo largo del período en que la entidad recibe los servicios de los empleados que está remunerando.

Finalizamos este epígrafe con la información sobre uno de estos planes que presenta el Grupo Telefónica en sus estados financieros de año 2006, información recogida en la Tabla 6.7.

Tabla 6.7. Información recogida por el Grupo Telefónica sobre uno de sus planes de pago con acciones.

La Junta General Ordinaria de Accionistas de Telefónica, S.A., en su reunión celebrada el 21 de junio de 2006, aprobó la aplicación de un Plan de incentivos a largo plazo dirigido a los ejecutivos y personal directivo de Telefónica, S.A., y de otras sociedades del Grupo Telefónica, consistente en la entrega a los partícipes seleccionados al efecto, previo cumplimiento de los requisitos necesarios fijados en el mismo, de un determinado número de acciones de Telefónica, S.A. en concepto de retribución variable.

La duración total inicialmente prevista del Plan es de siete años. El Plan se divide en cinco ciclos, de tres años de duración cada uno, iniciándose cada uno de ellos el 1 de julio («Fecha de Inicio») y finalizando el 30 de junio del tercer año siguiente a la Fecha de Inicio («Fecha de Finalización»). Al inicio de cada ciclo se determinará el número de acciones que será objeto de entrega a los beneficiarios del Plan en función del grado de cumplimiento de los objetivos fijados. Dicha entrega se producirá, en su caso, una vez transcurrida la Fecha de Finalización de cada ciclo. Los ciclos son independientes entre sí, comenzando el primer ciclo el 1 de julio de 2006 (con entrega de acciones, en su caso, a partir del 1 de julio de 2009), y el quinto ciclo el 1 de julio de 2010 (con entrega de acciones, en su caso, a partir del 1 de julio de 2013).

La entrega de las acciones está condicionada por:

- La permanencia en la empresa durante los tres años de duración de cada ciclo, sujeto a ciertas condiciones especiales en relación a las bajas.

- El número concreto de acciones a entregar al finalizar cada ciclo dependerá del nivel de logro y del número máximo de acciones asignado a cada directivo. El nivel de logro está basado en la comparativa de la evolución de la remuneración al accionista considerando cotización y dividendos («Total Shareholder Return»-TSR) de la acción de Telefónica, respecto de la evolución de los TSRs correspondientes a un conjunto de sociedades cotizadas del sector de telecomunicaciones que constituye el Grupo de Comparación. A cada empleado afecto al plan se le asigna al inicio de cada ciclo un número máximo de acciones, y el número concreto de acciones que se le entregarán al finalizar el ciclo se obtiene multiplicando dicho número máximo por el nivel de logro alcanzado en dicha fecha. Éste será el 100% si la evolución del TSR de Telefónica iguala o supera la del tercer cuartil del Grupo de Comparación, y del 30% si dicha evolución iguala a la mediana. Si la evolución se mantiene entre ambos valores se hará una interpolación lineal, y si es inferior a la mediana no se entregará nada.

El número máximo de acciones asignado en 2006 asciende a 6.530.615 acciones.

La vida media remanente de estos derechos al 31 de diciembre de 2006 es de dos años y medio.

Este plan se liquida mediante la entrega de acciones a los directivos, por lo que el gasto de personal devengado en el ejercicio 2006, por importe de 8 millones de euros se ha registrado contra patrimonio neto.

Con el único fin de disponer de las acciones necesarias al finalizar el ciclo iniciado en el ejercicio 2006, Telefónica adquirió un instrumento a una entidad financiera mediante el cual, al finalizar el ciclo, Telefónica obtendrá un número de acciones determinado en función del mismo nivel de logro que el establecido para el plan, es decir, un instrumento con las mismas características que el plan. El coste de dicho instrumento ascendió a 46 millones de euros que, en valores unitarios, supone 6,43 euros por cada número máximo de acciones (...).

Este coste representa la mejor referencia del valor razonable de los derechos entregados a los directivos, puesto que responde a una transacción real de mercado. Así, el valor razonable unitario de los derechos a la fecha de la entrega se ha establecido en 6,43 euros por cada número máximo de acciones.

9. Aspectos contractuales de los derivados

En muchos países, podemos encontrar mercados organizados donde se están negociando diferentes derivados[25]. La característica fundamental de estos mercados es que existe una normativa básica que regula los principios que son aplicables a la organización y funcionamiento de estos mercados: sujetos que pueden intervenir en estos mercados; clases y objeto de los contratos negociados (condiciones generales de todos y cada uno de los contratos que se negocian); obligaciones de las partes; los aspectos técnicos de la negociación, compensación y liquidación en estos mercados, tales como límites de posiciones y garantías; etc.

Sin embargo, numerosos contratos derivados se negocian en mercados que no están organizados y que, por lo tanto, no tienen unas reglas específicas; son los conocidos por el nombre de mercados OTC. Las características fundamentales de los derivados OTC son las siguientes: los términos del contrato se ajustan a las necesidades específicas de las partes que lo contratan; el precio de los derivados es el resultado del acuerdo entre las partes, existe una relación entre comprador y vendedor directa; las garantías se establecen en la negociación, y los riesgos los asumen totalmente las partes del contrato. La ventaja de estos derivados es que se adaptan mejor a las necesidades de las partes que contratan el derivado. El inconveniente es la gran incertidumbre legal que existe en estas negociaciones.

Para reducir la incertidumbre en las negociaciones de derivados OTC, en las últimas décadas numerosas asociaciones y organismos han establecido estándares contractuales internacionales para los derivados OTC. El objetivo final siempre ha sido elaborar modelos normalizados de acuerdos, con el objetivo de ofrecer una regulación integral que solucione las incidencias que se produzcan entre los contratantes de estos derivados OTC. Estos modelos, al crear un marco normativo claro, agilizan el cierre de operaciones, reducen el coste de redacción de los contratos y responden a muchas de las incertidumbres que surgen como consecuencia de la ausencia de una práctica y terminología uniforme a nivel internacional.

---

[25] Mercados que en los últimos años están tendiendo a su concentración, tales como el Euronext (mercado que incluye, entre otros, el mercado de derivados financieros de París, Ámsterdam y Bruselas), el mercado Globex (que agrupa, entre otros, a Euronext, al Chicago Mercantile Exchange, a los mercados de Singapur, São Paulo y Montreal, al mercado español y al portugués) y el Eurex (que incorpora al mercado alemán y al suizo).

Entre todas estas asociaciones y organismos[26], podemos destacar una sobre las demás: la ISDA (International Swaps and Derivatives Association), asociación que está jugando un importante papel en el crecimiento, evolución y desarrollo de los derivados. La ISDA es una organización creada en el año 1985 por los representantes de las empresas más importantes de mundo que operan con derivados, con el objetivo de unificar criterios para negociar estos contratos, debido al crecimiento en la utilización de los mismos.

La importancia de esta organización radica en haber conseguido, con su Acuerdo Marco (ISDA Master Agreement), establecer un marco de referencia internacional en los mercados no organizados. Este acuerdo regula las bases fundamentales que rigen las operaciones en los mercados OTC de derivados, dando solución a las posibles lagunas que puedan surgir en estos mercados de derivados no organizados.

El Acuerdo Marco de ISDA se ha completado con numerosos documentos adicionales, que definen todos los términos empleados en este acuerdo, desde los términos más generales hasta los supuestos más específicos que puedan afectar a las operaciones con derivados. Así, como documentos adicionales podemos encontrar, por un lado, su documento de Definiciones Genéricas en su versión del año 2000 (2000 ISDA Definitions), documento donde se describen términos esenciales en cuanto a fechas (días hábiles, fecha de negociación fecha efectiva, etc.), cuantías importes, etc.; por otro lado, podemos encontrar documentos con definiciones más específicas, como los siguientes:

— Definiciones sobre Derivados sobre Materias primas de 1993 (1993 ISDA Commodity Derivatives Definitions).

— Definiciones sobre derivados de Renta variable de 1996 (1996 ISDA Equity Derivatives Definitions).

— Definiciones sobre opciones sobre Bonos del Estado de 1997 (1997 ISDA Government Bond Option Definitions).

— Definiciones sobre Tipos de Cambios y Opciones sobre divisas de 1998 (1998 FX and Currency Option Definitions).

— Definiciones sobre derivados de crédito de 1999 (1999 ISDA Credit Derivatives Definitions).

La ISDA ha emitido además cuatro modelos de contratos para la negociación de derivados en mercados no organizados: un modelo de contrato sometido al derecho de Nueva York, dos modelos sometidos al derecho inglés y un modelo sometido al derecho japonés. Estos contratos no van a ser específicos para una operación concreta, que pueden documentar numerosas y variadas operaciones: *swaps* de tipos de interés, *swaps* de divisas, opciones sobre divisas, opciones sobre acciones...

[26] Podemos citar a título ilustrativo: British Bankers' Association en Gran Bretaña, Asociación Española de Banca en España, Deutscher Rahmenvertrag für Finanztermingeschäfte en Alemania.

Las ventajas de la documentación emitida por la ISDA es la neutralidad de sus términos y su probada experiencia en los mercados, lo que ha motivado que sea la más utilizada a nivel mundial, con lo que se ha conseguido su objetivo fundamental: lograr una mayor estabilidad y seguridad en los mercados no organizados. El inconveniente de esta documentación es que no suele utilizarse, muchas veces por desconocimiento, por las entidades que no operan con carácter regular en los mercados, con los riesgos que esto origina.

Anejo I

Procedimientos y controles para mejorar la confianza en los valores razonables presentados en los estados financieros[27]

Gobierno Corporativo

1. Las entidades deben tener una estructura de gobierno clara y definida, que incluya las pautas para mantener una apropiada segregación de responsabilidades, así como disponer de procedimientos escritos para la elevación de temas y cuestiones a los administradores de la entidad.

2. Un grupo del personal de la alta dirección debe tener la responsabilidad de la gestión y supervisión del control y validación de las políticas y procedimientos. Este grupo debe notificar sus conclusiones directamente a los administradores de la entidad.

3. La responsabilidad de la estimación de los valores razonables incorporados en los estados financieros presentados por la entidad no debe recaer en las áreas tomadoras de riesgo.

4. La alta dirección debe garantizar que existen los recursos adecuados, con la experiencia, la capacitación y remuneración apropiada, con el objeto de asegurar que el control, la gestión de riesgos y las funciones independientes de verificación de precios se están llevando de acuerdo con los estándares más elevados.

Control

5. Los límites de riesgo (tanto de mercado como de crédito) deben establecerse, aprobarse y controlarse dentro de un marco general de tolerancia a la asunción de riesgo establecido por los administradores de la entidad.

6. Las entidades deben revelar en sus estados financieros información sobre los activos y pasivos financieros presentados por su valor razonable, que sea coherente con la forma de gestión y valoración del riesgo. Cualquier diferencia significativa entre la valoración diaria para la gestión del riesgo y la aceptada por las normas para la presentación de información financiera, debe estar debidamente documentada y aprobada por el perso-

[27] Resumen de la versión original en inglés del informe elaborado por el G-30 para mejorar la confianza en la información financiera publicada. El G-30 es un grupo internacional cuyo objetivo es mejorar la comprensión de la economía y finanzas internacionales, así como analizar la repercusión de las opciones disponibles y decisiones adoptadas por los reguladores y participantes en los mercados de capitales. Fundado en 1978, el grupo está compuesto por representantes de los más relevantes organismos financieros internacionales (FMI, BCBS, etc.) y bancos centrales del mundo (BCE, FED, etc.), así como por académicos y representantes del sector privado.

nal de la alta dirección y por los comités apropiados. La misma práctica debe aplicarse al resto de los activos y pasivos financieros en la medida que la supervisión del riesgo y la información elaborada para la dirección no coincida con los criterios aceptados para la presentación pública de información financiera. Esta recomendación no tiene como propósito limitar en la gestión del riesgo el uso de información no basada en los criterios aceptados por las normas de presentación de información financiera (v.g., valor en riesgo).

7. Debe existir un procedimiento para la aprobación de nuevos tipos de operaciones y mercados (Aprobación de Nuevo Producto) junto con los correspondientes controles y propuestas de la dirección de gestión del riesgo. Este es un elemento clave del marco de control.

8. La responsabilidad de los valores razonables presentados en los estados financieros debe recaer en una unidad de verificación de precios independiente (VPI), debidamente cualificada y experimentada.

9. Debe existir un grupo de profesionales, altamente cualificados y con elevada experiencia, dedicado a la verificación de los modelos de estimación de los valores razonables, que sea independiente de las áreas tomadoras de riesgos.

10. Los modelos de valoración, o los cambios en dichos modelos, deben ser revisados y aprobados por el Grupo de Verificación de Modelos. Los detalles de los modelos aprobados, así como sus cambios, deben estar suficientemente documentados.

11. Deben existir procedimientos para la oportuna revisión de operaciones muy complejas, que no dependan de las personas responsables del diseño y ejecución de aquellas.

12. Para las entidades que hagan uso de coberturas contables, la unidad de control financiero debe gestionar los requerimientos de documentación, valoración y control.

Procedimientos de verificación de precios

13. Las entidades deben llevar a cabo procesos rigurosos, al menos mensualmente, de verificación de los valores razonables presentados. Los resultados deben notificarse al personal de la alta dirección. Cuando el valor razonable sea un componente crítico de los resultados publicados, el personal de la alta dirección debe informar de los resultados de la comprobación de precios a los administradores de la entidad y al comité de auditoría.

14. Un grupo independiente debe ser el responsable de aprobar y controlar los ajustes de valoración para lograr coherencia y conformidad. Las incidencias encontradas y los cambios en el método para la estimación de tales ajustes deben notificarse al personal de la alta dirección. Un informe sobre las diferencias en la verificación de precios y sobre los ajustes a la valoración debe distribuirse a todo el personal de la alta dirección y, cuando el valor razonable sea un componente crítico de dicho informe, debe hacerse llegar a los administradores de la entidad y al comité de auditoría.

15. Además de un riguroso proceso independiente de verificación de precios mensual, debe existir un procedimiento de revisión y explicación de las ganancias y pérdidas diarias (y para los activos y pasivos financieros no cotizados, las ganancias y pérdidas más relevantes), que deben ser notificadas diariamente a la alta dirección.

Auditoría

16. El departamento de auditoría interna de la entidad deben revisar, al menos una vez al año, los procedimientos de verificación independiente de precios y los procesos de control.

Los auditores externos deben dedicar recursos adecuados y suficientes para revisar el entorno de control de la entidad, que incluya los procesos de verificación de precios y valoración de transacciones, especialmente en aquellas entidades en las que el valor razonable sea un componente crítico de los resultados presentados públicamente.

Anejo II
El valor razonable en la literatura contable

Ante la importancia que adquiere el valor razonable en la normativa contable, el FASB emitió en febrero de 2007 una norma[28] que define el valor razonable, estableciendo un marco de referencia para obtenerlo: el SFAS 157, norma que deberá aplicarse para los ejercicios que comiencen después del 15 de noviembre de 2007[29].

El valor razonable se define como el precio que se recibiría por vender un activo o que se pagaría por traspasar un pasivo en una transacción regular entre participantes del mercado en la fecha de la valoración[30], estableciéndose posteriormente las siguientes aclaraciones[31]:

— La estimación de valor razonable es para un activo o pasivo en particular; por tanto, la valoración deberá considerar los atributos que sean específicos del activo o pasivo. Por ejemplo, la condición y/o ubicación del activo o pasivo y las restricciones, si las hay, sobre la venta o uso del activo en la fecha de la valoración deberán ser tomadas en consideración. El activo o pasivo podría ser un activo o pasivo independiente o un grupo de activos y/o pasivos.

— Una estimación del valor razonable supone que el activo o pasivo se intercambia en una transacción regular entre participantes del mercado para vender el activo o traspasar el pasivo en la fecha de la medición. Una transacción regular es una transacción en las condiciones normales y acostumbradas para transacciones sobre tales activos o pasivos; esto es, no es una transacción forzada. La transacción para vender el activo o traspasar el pasivo es una transacción hipotética en la fecha de valoración, considerada desde la perspectiva de un participante del mercado que posea el activo o deba el pasivo. Por lo tanto, el objetivo de estimar el valor razonable es determinar el precio que se recibiría por vender el activo o que se pagaría por traspasar el pasivo en la fecha de valoración (un precio de salida).

— Una estimación del valor razonable supone que la transacción para vender el activo o traspasar el pasivo ocurre, desde la perspectiva de la entidad que presenta la información financiera, en el mercado principal del activo o pasivo o, a falta de un mercado principal, el mercado más ventajoso para el activo o pasivo. El mercado principal es el mercado en el que la en-

[28] El IASB ha emitido un borrador sobre el tema que todavía no ha sido aprobado como norma: «Discusion Paper: Fair Value Measurements», November, 2006.

[29] Esta norma no es aplicable en el cálculo del valor razonable de las operaciones de pago basadas en acciones (SFAS 123 e interpretaciones relacionadas).

[30] SFAS 157, párr. 5.

[31] SFAS 157, párrs. 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 y 15.

tidad que valora el elemento vendería el activo o traspasaría el pasivo que tenga el mayor volumen y nivel de actividad para el activo o el pasivo. El mercado más ventajoso es el mercado en el que la entidad que valora el elemento vendería el activo o traspasaría el pasivo, con el precio que maximice la cuantía que se recibiría por el activo o minimice la cuantía que se pagaría por traspasar el pasivo. Si hay un mercado principal para el activo o pasivo, la valoración del valor razonable representará el precio en este mercado (ya sea que el precio sea directamente observable o se determine de otro modo usando una técnica de valoración), aun cuando el precio en un mercado diferente fuera potencialmente más ventajoso en la fecha de valoración. El precio en el mercado principal (o el más ventajoso) que se usa para medir el valor razonable del activo o del pasivo no debe ser ajustado por costes de transacción (*i.e.* costes directos incrementales por vender el activo o traspasar el pasivo).

— Los participantes del mercado son compradores o vendedores para el activo o el pasivo, que son:

a) Independientes de la entidad que informa;

b) Conocedores, con un entendimiento razonable sobre el activo o pasivo y la transacción sobre la base de toda la información disponible, incluyendo información que podría obtenerse mediante esfuerzos razonables que sean los usuales y acostumbrados;

c) Capaces de hacer operaciones sobre el activo o pasivo;

d) Dispuestos para hacer operaciones sobre el activo o pasivo, es decir, están motivados pero no forzados o de algún modo obligados a hacerlo.

El valor razonable del activo o pasivo se determinará sobre la base de los supuestos que los participantes del mercado usarían para fijar precio al activo o pasivo.

— Al aplicarse a los activos, una estimación del valor razonable supone el más elevado y mejor uso del activo por los participantes del mercado, considerando un uso del activo físicamente posible, legalmente permisible, y financieramente factible en la fecha de medición. El más elevado y mejor uso se refiere al uso de un activo por los participantes del mercado que maximizaría el valor del activo o del grupo de activos dentro del que se usaría el activo, determinado con base en el uso del activo por los participantes del mercado, aun si el uso planeado del activo por parte de la entidad que informa fuera diferente.

— Al aplicarse a los pasivos, una valoración del valor razonable supone que el pasivo se traspasa a un participante en el mercado en la fecha de la estimación (el pasivo continúa, no se liquida), y que el riesgo de incumplimiento (riesgo de que la obligación no sea cumplida) relativo a dicho pasivo es el mismo antes y después de su traspaso, debiendo reflejar el valor razonable del pasivo el riesgo de incumplimiento relativo a dicho pasivo.

Respecto del valor razonable en el reconocimiento inicial, el SFAS 157 establece[32] que, cuando se adquiere un activo o se asume un pasivo en una transacción, el precio de la transacción representa el precio pagado por adquirir el activo o recibido por asumir el pasivo (un precio de entrada). Por el contrario, el valor razonable del activo o pasivo representa el precio que se recibiría por vender el activo o que se pagaría por traspasar el pasivo (un precio de salida). Conceptualmente, los precios de entrada y los precios de salida son diferentes. Las entidades no necesariamente venden los activos a los precios pagados por adquirirlos ni necesariamente traspasan los pasivos a los precios recibidos por asumirlos. Sin embargo, en muchos casos, el precio de la transacción será igual al precio de salida y, por lo tanto, representará el valor razonable del activo o pasivo en el reconocimiento inicial. Al determinar si un precio de transacción representa el valor razonable del activo o del pasivo en su reconocimiento inicial, la entidad deberá considerar factores específicos a la transacción y al activo o pasivo negociado. Por ejemplo, un precio de transacción podría no representar el valor razonable de un activo o pasivo en el reconocimiento inicial si: la transacción se lleva a cabo entre partes vinculadas (v.g., entidad dominante y entidad dominada), la transacción ocurre bajo coacción o el vendedor es forzado a aceptar el precio en la transacción por estar atravesando dificultades financieras, el mercado en el que ocurre la transacción es diferente del mercado en el que la entidad vendería el activo o traspasaría el pasivo (este podía ser el caso de un operador de valores que hace operaciones en mercados diferentes, dependiendo de si la contraparte es un cliente —mercado minorista— u otro operador de valores —mercado entre operadores—)[33].

El precio cotizado en un mercado activo proporciona la evidencia más fiable del valor razonable y deberá usarse para medir el valor razonable siempre que esté disponible. Si no está disponible, para obtener el valor razonable deberán[34] usarse técnicas de valoración que sean compatibles con:

— *el enfoque de mercado*: utiliza precios y otra información relevante generada por las transacciones del mercado que impliquen activos o pasivos idénticos o comparables;

— *el enfoque por ingreso*: utiliza técnicas de valoración para convertir importes futuros en un importe único presente descontado, donde se incluyen las técnicas de valor actual o los modelos de valoración de opciones como el de Black-Scholes-Merton o un modelo binomial, o

— *el enfoque por coste*: se basa en la cuantía que normalmente se requeriría para reemplazar la capacidad de servicio de un activo.

[32] SFAS 157, párrs. 16 y 17.

[33] El IASB es más restrictivo en este tema al señalar que la mejor evidencia del valor razonable de un instrumento financiero, al proceder a reconocerlo inicialmente, es el precio de la transacción, a menos que el valor razonable de ese instrumento se pueda poner mejor de manifiesto mediante la comparación con otras transacciones de mercado reales observadas sobre el mismo instrumento, es decir, sin modificar o presentar este de diferente forma, o mediante una técnica de valoración cuyas variables incluyan solamente datos de mercado observables.

[34] SFAS 157, párrs. 18, 19, 20, 21 y 24.

Para estimar el valor razonable deberán usarse, de manera coherente, técnicas de valoración que sean apropiadas a las circunstancias y para las que haya suficiente información disponible. Las técnicas de valoración usadas deberán maximizar el uso de datos observables y minimizar el uso de datos no observables.

capítulo 7

Casos prácticos

En este capítulo se plantean y resuelven completamente 70 casos prácticos. En la redacción de este capítulo nos hemos planteado como objetivo conseguir la integración de la estimación del valor razonable de los instrumentos financieros con su contabilización. De este modo esperamos que aparezcan con nitidez los vínculos que existen entre la imputación del valor razonable y sus cambios y los estados financieros.

Los primeros casos se refieren, únicamente, a cuestiones de valoración o de estimación de curvas de tipos de interés cupón cero. Un segundo bloque aborda la valoración y contabilización de instrumentos financieros *forward* y permutas financieras. En unos casos se trata de instrumentos aislados; en otros forman partes de productos estructurados y también se tratan como instrumentos de cobertura, en cuyo caso se aborda el cálculo de la eficacia de la cobertura. Un tercer bloque está relacionado con contratos en los que predominan las opciones, tanto estándar como exóticas. Existen casos en los que solo se plantea la valoración y en otros se trata de productos estructurados con amplia presencia en los mercados. Un cuarto bloque aborda la resolución de casos diversos, como la valoración y contabilización de obligaciones convertibles o la emisión de notas estructuradas. Finalmente, un último bloque de casos está dedicado a las coberturas financieras, realizadas con *forwards*, opciones y con técnicas de cobertura delta y también casos de coberturas contables.

En el enunciado y solución de los casos, que están basados en instrumentos financieros comercializados por las entidades financieras, se ha evitado la información no relevante, para así centrar la atención en los elementos esenciales de cada caso. Sin embargo la información sobre el emisor de los instrumentos sin duda es importante y necesaria para la estimación del riesgo de crédito, en términos de pérdida esperada, y su inclusión en la estimación del valor razonable. La consideración de este riesgo en todos los casos habría ampliado enormemente el espacio dedicado a las soluciones, por lo que en aquellos en los que no se tiene en cuenta aceptamos, como hipótesis, que las contrapartes se han exigido garantías eficaces que lo cubren.

Para la estimación del valor razonable se han utilizado los modelos del Capítulo 3 que están accesibles al lector en el sitio **www.angelvila.eu**.

Caso práctico 1. Obtención del tipo de interés cupón cero

Obtenga el tipo de interés cupón cero a dos y tres años mediante la construcción de instrumentos cupón cero sintéticos, utilizando la información siguiente:

1. El tipo de interés cupón cero a un año es el 7%.
2. El tipo de interés *swap* a dos años que intercambia fijo por variable con pagos anuales es el 7,15%.
3. El tipo de interés *swap* a tres años que intercambia fijo por variable con pagos anuales es el 7,22%.

Solución:

Un bono, sin riesgo de crédito, con cupón fijo a dos años de plazo tal que el cupón sea igual al tipo de interés *swap* debe valorarse a la par, dado que equivale a un bono con cupones variables. Para el bono de dos años:

$$\frac{7{,}15}{1+7\%}+\frac{100+7{,}15}{(1+z_2)^2}=100 \qquad z_2=7{,}16\%$$

Por el mismo criterio, para el bono a tres años:

$$\frac{7{,}22}{1+7\%}+\frac{7{,}22}{(1+7{,}16\%)^2}+\frac{100+7{,}22}{(1+z_3)^3}=100 \qquad z_3=7{,}23\%$$

Caso práctico 2. Cálculo de la rentabilidad de un fondo de inversión

Una sociedad gestora de fondos de inversión quiere lanzar un fondo de inversión con las siguientes características:

— Plazo del fondo: tres años.

— Capital inicial garantizado a los partícipes a los tres años.

— Rentabilidad: $x\%$ de la depreciación del euro respecto al dólar en el período de vida del fondo. La depreciación se medirá como se indica a continuación: cada fin de mes se tomará el valor del tipo de cambio, medido por la cantidad de euros que se cambian por un dólar, y en el vencimiento del fondo de inversión se calculará la media de las 36 observaciones del tipo de cambio. Sea $\bar{e}$ dicha media. Se define la rentabilidad del tipo de cambio mediante la fórmula:

$$R = \frac{\bar{e} - e_0}{e_0}$$

Si R es un número positivo, dicho valor mide la depreciación.

La sociedad gestora desea obtener unas comisiones de gestión del 5% del valor actual.

Los datos son: tipo de interés del euro a tres años, 4,5%, y tipo de interés del dólar a tres años, 5,5%. Volatilidad del mercado del tipo de cambio: 10%. Tipo de cambio actual: 0,70 €/$.

Obtenga el valor de x, el porcentaje de la depreciación, que ofrece el fondo.

Solución:

La ecuación que nos permite obtener la incógnita x es la restricción presupuestaria.

Sea 100 el importe aportado por los partícipes. En el vencimiento del fondo los partícipes deben recibir dicho importe, por lo que su valor actual debe invertirse al plazo de tres años mediante la compra de bonos cupón cero o, en el caso de que no sea posible, en bonos con cupones de duración agregada tres años.

El valor actual del capital que obligatoriamente recibirán los partícipes es:

$$VA = \frac{100}{(1 + 4{,}5\%)^3} = 87{,}63$$

La restricción presupuestaria es:

Valor del bono + Comisiones + Inversión en opción = 100

Inversión en opción = 100 − 87,63 − 5 = 7,37

La opción es asiática dado que la liquidación se realiza mediante la media de los tipos de cambio.

El precio de una opción asiática, valorada mediante simulación de Monte Carlo con los datos Subyacente = 100, Precio de ejercicio = 100, Tipo de interés = 4,5%, Rendimiento del activo = 5,5%, Volatilidad = 10%, Plazo = 3 años, Número de observaciones para el cálculo de la media = 36, es:

Input		Output	
Precio del activo	**100**	Resultados de la simulación	
Precio del ejercicio	**100**	*Call* asiática	**2,88**
Tipo de interés	**4,50%**	*Put* asiática	4,24
Volatilidad	**10%**	*Call* ejercicio media	2,70
Tiempo al vencimiento	**3,00**	*Put* ejercicio media	4,07
Rendimiento del activo	**5,50%**	*Call* europea	4,663
Intervalos	**36**	*Put* europea	7,396
N.º simulaciones	**20.000**		

Call asiática = 2,88%.

Como existe un importe del 7,37% para invertir en la opción, el gestor del fondo puede adquirir un nocional mayor que el importe recibido. Exactamente el que viene dado por el cociente:

$$\frac{7{,}37}{2{,}88} = 2{,}56$$

Por cada 100 € captados, compra opciones asiáticas de nocional 256 \$. Puede ofrecer una rentabilidad del 256% de la depreciación sufrida por el euro.

Por ejemplo, si la media del tipo de cambio del euro a lo largo de los tres años es $\bar{e} = 0{,}72$ €/\$, la depreciación en los términos del contrato es:

$$R = \frac{0{,}72 - 0{,}70}{0{,}70} = 2{,}86\%$$

El fondo cobraría, al ejercitar la opción, de la entidad contraparte:

$$L_T = 256 \times \text{Máx}\,(R_T, 0) = 256 \times \text{Máx}\,(2{,}86\%, 0) = 7{,}31$$

Los partícipes recibirían dicho importe que supone una rentabilidad del 7,31% sobre los 100 aportados. Luego han obtenido el 256% de la depreciación.

Caso práctico 3. Arbitraje con la compraventa de un bono

La cotización de una compraventa de un bono a plazo es 98,55%. El bono cotiza al contado al 97,5%. El plazo es T = 180 días y el tipo de interés a dicho plazo es r = 4%. El tenedor del bono no cobra ningún cupón en dicho plazo.

a) ¿Cuál es el precio a plazo que impide el arbitraje?

b) Diseñe la operación de arbitraje.

c) ¿A cuánto ascendería el resultado del arbitraje si cada bono tiene un nominal de 1.000 € y la operación de arbitraje se realiza con 2.500 bonos?

Solución:

a) El precio a plazo que impide el arbitraje es:

$$F_{0T} = P_0 \times (1 + rT) = 97{,}5 \times \left(1 + 4\% \times \frac{180}{360}\right) = 99{,}45\% > 98{,}55\%$$

b) El arbitraje se realiza vendiendo los bonos al contado y comprándolos simultáneamente a plazo. La liquidez obtenida por la venta de los bonos se coloca al tipo de interés de mercado hasta el plazo de la operación.

c) Venta de bonos:

$$L = 2.500 \times 1.000 \times 97{,}5\% = 2.437.500 \text{ €}$$

Liquidez en el vencimiento:

$$L_T = 2.437.500 \times \left(1 + 4\% \, \frac{180}{360}\right) = 2.486.250 \text{ €}$$

Pagos de los bonos:

$$P_T = 2.500 \times 1.000 \times 98{,}55\% = 2.463.750 \text{ €}$$

Beneficio de arbitraje:

$$B_T = L_T - P_T = 22.500 \text{ €}$$

Caso práctico 4. Arbitraje con opciones *call* y *put*

Los precios de las opciones *call* y *put*, sobre una acción que no paga dividendos, son 550 y 400, respectivamente. El precio de la acción es 5.000, el plazo, un año, y el tipo de interés libre de riesgo, el 5%.

a) Analice las posibilidades de arbitraje.

b) En caso afirmativo diseñe la operativa de arbitraje.

c) Calcule el resultado del arbitraje en los escenarios alcista y bajista siguientes:

c.1) En el vencimiento el precio de la acción sube a 6.000.

c.2) En el vencimiento el precio de la acción baja a 4.000.

Solución:

a) La paridad *put-call* para una acción que no paga dividendos es:

$$c + Ee^{-rT} = p + S$$

En este caso:

$$c + Ee^{-rT} = 550 + 5.000 \times e^{-0,05 \times 1} = 5.306,15$$
$$p + S = 400 + 5.000 = 5.400$$

No se cumple la paridad dado que $c + Ee^{-rT} < p + S$ y existe la posibilidad de arbitraje.

b) La operativa de arbitraje consistiría en lo siguiente:

i) Se vende la cartera «cara» y se compra la cartera «barata», luego el arbitrajista debe emitir una opción de venta y vender una acción que suponemos tiene en cartera. Con esta operativa cobra 5.400.

ii) Se compra una opción de compra desembolsando 550 y pone en liquidez (presta) la diferencia 5.400 − 550 = 4.850.

La liquidez que obtiene en el vencimiento es:

$$L = 4.850 \times e^{0,05 \times 1} = 5.098,66$$

c) Para calcular el resultado del arbitraje suponemos dos escenarios: alcista y bajista.

c.1) Escenario alcista $S_T = 6.000$.

i) No le ejercitan la opción de venta emitida.

ii) Ejercita la opción de compra comprada.

$$\text{Liquidación } L_T = \text{Máx}\,(6.000 - 5.000{,}0) = 1.000$$

iii) Recibe la liquidez prestada $L = 5.098,66$.

iv) Compra la acción que vendió pagando $L' = 6.000$.
El flujo neto es:

$$B = 1.000 + 5.098{,}66 - 6.000 = 98{,}66$$

c.2) Escenario bajista $S_T = 4.000$.

i) Le ejercitan la opción de venta emitida y paga:

$$L_T = \text{Máx}\,(5.000 - 4.000{,}0) = 1.000$$

ii) No ejercita la opción de compra comprada.

iii) Recibe la liquidez prestada $L = 5.098{,}66$.

iv) Compra la acción que vendió pagando $L' = 4.000$.
El flujo neto es:

$$B = -1.000 + 5.098{,}66 - 4.000 = 98{,}66$$

El beneficio es la diferencia entre el valor de las dos carteras:

$$D = 5.400 - 5.306{,}15 = 93{,}85$$

Esta diferencia capitalizada al vencimiento es:

$$D_T = De^{rT} = 93{,}85 \times e^{0{,}05 \times 1} = 98{,}66$$

Caso práctico 5. Cálculo e interpretación de las griegas

Un banco de inversión tiene una posición corta en opciones de compra sobre 1.200.000 acciones. En la fecha actual los datos son:

Vencimiento $T = 60$ días.

Volatilidad anualizada: 25%.

Tipo de interés libre de riesgo: 6%.

Tasa de dividendos $q = 0$.

Precio de la acción $S = 50$ \$.

Precio de ejercicio $E = 52{,}5$ \$.

a) Calcule el precio de la opción según el modelo de Black-Scholes.

b) Calcule el parámetro delta e interprételo.

c) Calcule el parámetro gamma e interprételo.

d) Calcule el parámetro theta e interprételo.

e) La opción fue emitida por el banco hace 30 días, cotizando el subyacente a $S = 52{,}2$ \$. Suponiendo el mismo valor del tipo de interés libre de riesgo, calcule la volatilidad implícita en dicha fecha si el banco ingreso 3.211.662 \$.

f) ¿Qué plusvalías latentes tiene el banco en la fecha actual?

g) Para conservar dichas plusvalías el gestor diseña una cobertura delta. ¿En qué consiste dicha cobertura?

h) Al día siguiente la acción cotiza a $S = 50{,}6$. ¿Cuál ha sido el resultado de la cobertura?

Solución:

a) El precio de la opción es:

$$C = SN(d_1) - Ee^{-rT}N(d_2)$$

$$d_1 = \frac{\ln\frac{S}{E} + \left(r - q + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} = \frac{\ln\frac{50}{52{,}5} + \left(0{,}06 + \frac{0{,}25^2}{2}\right)\frac{60}{365}}{0{,}25\sqrt{\frac{60}{365}}} = -0{,}33337$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T} = -0{,}33337 - 0{,}25\sqrt{\frac{60}{365}} = -0{,}43473$$

$$N(d_1) = N(-0{,}33337) = 0{,}36943 \qquad N(d_2) = N(-0{,}43473) = 0{,}33188$$

$$C = SN(d_1) - Ee^{-rT}N(d_2) = 50 \times 0{,}36943 - 52{,}5 \times e^{-0{,}06 \times 60/365} \times 0{,}33188 =$$
$$= 1{,}218733$$

El precio total, teniendo en cuenta que son 1.200.000 acciones, es:

$$C = 1.200.000 \times 1.218733 = 1.462.480 \ \$$$

b) El parámetro delta es la derivada parcial del precio de la opción respecto el precio del activo subyacente:

$$\delta = \frac{\partial C}{\partial S} = e^{-qT}N(d_1) \qquad \delta = e^{-0 \times 60/365} \times 0{,}36943 = 0{,}36943$$

Se verifica que, aproximadamente, el incremento del precio de la opción es el producto de delta por el incremento del precio del activo subyacente:

$$\Delta C = \delta \times \Delta S = 0{,}36943 \times \Delta S$$

Si el precio de la acción se incrementa 1 \$, el precio de la opción sube 0,36943 \$. La interpretación en términos relativos es:

$$\frac{\Delta C}{C} = \delta \times \frac{\Delta S}{C} = \delta \times \frac{S}{C} \times \frac{\Delta S}{S} = 0{,}36943 \times \frac{50}{1{,}218733} \times \frac{\Delta S}{S} = 15{,}6 \times \frac{\Delta S}{S}$$

Si el precio de la acción sube un 1%, el precio de la opción sube un 15,6%.

c) Gamma es la derivada parcial de delta respecto al precio del activo subyacente y, por lo tanto, es la derivada parcial segunda del precio de la opción respecto al precio del activo subyacente, dos veces:

$$\Gamma = \frac{\partial^2 C}{\partial S^2} = \frac{\partial \delta}{\partial S} = \frac{N'(d_1)e^{-qT}}{S\sigma\sqrt{T}} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{e^{-d_1^2/2}e^{-qT}}{S\sigma\sqrt{T}}$$

$$\Gamma = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{e^{-(0{,}33337)^2/2}e^{-0 \times 60/365}}{50 \times 0{,}25 \times \sqrt{\dfrac{60}{365}}} = 0{,}074463$$

Aproximadamente el incremento de delta se puede expresar mediante el producto de gamma por el incremento del precio del activo subyacente:

$$\Delta\delta = \Gamma \times \Delta S = 0{,}074463 \times \Delta S$$

Si el precio de la acción se incrementa una unidad, el parámetro delta se incrementa 0,074463.

d) Theta es la derivada parcial primera del precio de la opción respecto al tiempo. En esta derivada el tiempo se interpreta como el plazo residual, por lo que el tiempo siempre disminuye. En algunos textos el tiempo se expresa como $T - t$ y la derivada parcial se calcula respecto a t, por lo que el signo de la derivada, en ese caso, es el opuesto al que hallamos nosotros.

$$\theta = \frac{\partial c}{\partial T} = \frac{Se^{-qT}N'(d_1)\sigma}{2\sqrt{T}} - qSe^{-qT}N(d_1) + rEe^{-rT}(d_2)$$

Sustituyendo los datos, $\theta = 6{,}853$ y aproximadamente $\Delta C = \theta \times \Delta T$.

Si el plazo disminuye un día:

$$\Delta T = \frac{-1}{365} \qquad \Delta C = 6{,}853 \times \frac{-1}{365} = -0{,}0188\ \$$$

e) El precio de una opción es:

$$\frac{3.211.662}{1.200.000} = 2{,}676385\ \$$$

y conociendo el precio la única variable desconocida es la volatilidad (volatilidad implícita).

$$2{,}676385 = 52{,}50N\left(\frac{\ln\frac{52{,}20}{52{,}50} + \left(0{,}06 + \frac{\sigma^2}{2}\right)\frac{90}{365}}{\sigma\sqrt{\frac{90}{365}}}\right) -$$

$$- 52{,}50e^{-0{,}06 \cdot 90/365}N\left(\frac{\ln\frac{52{,}20}{52{,}50} + \left(0{,}06 - \frac{\sigma^2}{2}\right)\frac{90}{365}}{\sigma\sqrt{\frac{90}{365}}}\right)$$

Esta ecuación se resuelve numéricamente[1] y se obtiene $\sigma = 23{,}65\%$.

f) La entidad tiene un pasivo, dado que ha emitido opciones. El valor razonable del pasivo ha disminuido, luego la diferencia de valoración es un beneficio.

Pasivo actual = 1.462.480 \$.

Pasivo inicial = 3.211.662 \$.

g) Construye una cartera de cobertura comprando acciones. El valor de la cartera es:

$V = HS + NC \qquad N = -1.200.000$ opciones vendidas (posición corta)

[1] Por ejemplo, en Excel mediante la herramienta «buscar objetivo».

La cartera delta neutra se obtiene calculando H para que el delta de la cartera sea cero.

$$\delta_V = \frac{\partial V}{\partial S} = H + N\frac{\partial C}{\partial S} = 0$$

$$H = -N\frac{\partial C}{\partial S} = -N\delta_C = -(-1.200.000) \times 0{,}3694 = 443.315$$

El banco compra 443.315 acciones desembolsando una liquidez.

$$L = 443.315 \times 50 = 22.165.744 \ \$$$

lo que genera una posición corta en liquidez y larga en acciones.

h) El valor de las acciones ha cambiado:

$$\Delta V_S = 443.315 \times (50{,}6 - 50) = 265.989 \ \$$$

El valor de las opciones también cambia:

$$\Delta V_C = -1.200.000 \times (1{,}433976 - 1{,}218733) = -258.292 \ \$$$

El valor de la liquidez cambia por el cálculo de los intereses de un día:

$$\Delta L = -22.165.744 \times 6\% \times \frac{1}{360} = -3.694 \ \$$$

La variación monetaria de la cartera es:

$$\Delta V = H\Delta S + N\Delta C + \Delta L = 265.989 - 258.292 - 3.694 = 4.003 \ \$$$

Caso práctico 6. Probabilidad riesgo neutral

El precio de un bono cupón cero emitido por una empresa a 1 año de plazo es 97,65% y un título del gobierno cupón cero emitido al mismo plazo cotiza a 98,00%.

a) Calcule la probabilidad de supervivencia riesgo neutral suponiendo que la tasa de recuperación del bono con riesgo es nula.

b) Calcule la probabilidad de incumplimiento riesgo neutral suponiendo que la tasa de recuperación del bono es nula.

c) Calcule el *spread* del bono con riesgo y compárela con la probabilidad de incumplimiento anterior.

d) Calcule la probabilidad de supervivencia riesgo neutral suponiendo que la tasa de recuperación del bono con riesgo es el 60%.

e) Calcule la probabilidad de incumplimiento riesgo neutral suponiendo que la tasa de recuperación del bono es el 60%.

Solución:

a) La probabilidad riesgo neutral se obtiene igualando el precio del bono al valor esperado. En el vencimiento el bono con riesgo puede tener dos valores: el nominal, 1, con probabilidad de supervivencia, Q, o la tasa de recuperación, R, con probabilidad $1 - Q$.

El valor esperado en el vencimiento es:

$$E[B_T] = 1 \times Q + R \times (1 - Q)$$

La probabilidad riesgo neutral es aquella que permite igualar el precio del bono al valor esperado actualizado. El factor de actualización es el precio del bono cupón cero libre de riesgo de crédito, $G(0, T)$.

$$B(0, T) = G(0, T)E[B_T] = G(0, T)(Q + R \times (1 - Q))$$

En este caso:

$$R = 0 \quad \text{y} \quad B(0, T) = G(0, T) \times Q$$

$$Q = \frac{B(0,\ T)}{G(0,\ T)} = \frac{97{,}65}{98{,}00} = 0{,}9964$$

b) La probabilidad de incumplimiento es $1 - Q$.

$$PD = 1 - Q = 1 - 0{,}9964 = 0{,}0036$$

c) El precio del bono con riesgo se puede expresar en función del tipo de interés libre de riesgo, z, y el *spread*, s.

$$B(0,\ T) = e^{-(z+s)T} = e^{-zT}e^{-sT} = G(0,\ T)e^{-sT}$$

Teniendo en cuenta que el plazo es $T = 1$, la ecuación anterior queda:

$$B(0,\ T) = e^{-(z+s)T} = G(0,\ T)e^{-s}$$

Y, por otra parte, cuando $R = 0$ es $B(0,\ T) = G(0,\ T) \times Q$, por lo que es inmediato que $Q = e^{-s}$ y $s = -\ln Q$.

$$s = -\ln Q = -\ln 0{,}9964 = 0{,}0036$$

En este caso la probabilidad de incumplimiento y el *spread* coinciden. Es un caso particular que corresponde a las condiciones tasa de recuperación nula y plazo un año.

d) En este caso:

$$B(0,\ T) = G(0,\ T) \times Q + R \times (1 - Q)$$

$$Q = \frac{B(0,\ T) - R}{G(0,\ T) - R} = \frac{0{,}9765 - 0{,}6}{0{,}98 - 0{,}6} = 0{,}9908$$

e) $PD = 1 - Q = 1 - 0{,}9908 = 0{,}0092.$

Caso práctico 7. Cálculo de la prima de un *credit default swap*

Se conocen las rentabilidades al vencimiento, 7,2%, 7,4% y 7,6%, de tres bonos con cupones a plazo de un año, dos años y tres años. El cupón es el mismo para los tres bonos y es el 6% anual. El tipo de interés cupón cero libre de riesgo para todos los plazos es el 6%.

a) Estime la probabilidad de supervivencia riesgo neutral para los plazos 1, 2 y 3 años, suponiendo que la tasa de recuperación es nula.

b) Obtenga la prima del *credit default swap* sobre el bono utilizando los resultados del apartado a).

Solución:

a) En primer lugar calculamos los precios de los bonos cupón cero libres de riesgo del crédito que son los factores de actualización.

$$G(0,\ 1) = \frac{1}{1 + 6\%} = 0{,}9434 \qquad G(0,\ 2) = \frac{1}{(1 + 6\%)^2} = 0{,}8900$$

$$G(0,\ 3) = \frac{1}{(1 + 6\%)^3} = 0{,}8396$$

Los precios de los bonos con riesgos son:

$$B(0,\ 1) = \frac{106}{1 + 7{,}20\%} = 98{,}88\%$$

$$B(0,\ 2) = \frac{6}{1 + 7{,}40\%} + \frac{106}{(1 + 7{,}40\%)^2} = 97{,}48\%$$

$$B(0,\ 3) = \frac{6}{1 + 7{,}60\%} + \frac{6}{(1 + 7{,}60\%)^2} + \frac{106}{(1 + 7{,}60\%)^3} = 95{,}85\%$$

El precio del bono mediante la valoración riesgo neutral es:

$$B(0,\ T_n) = C \sum_{i=1}^{n} G(0,\ T_i)Q(0,\ T_i) + G(0,\ T_n)Q(0,\ T_n) + \\ + R \sum_{i=1}^{n} (Q(0,\ T_{i-1}) - Q(0,\ T_i))G(0,\ T_i)$$

Aplicado a los tres bonos queda:

$$B(0,\ 1) = cG(0,\ 1)Q(0,\ 1) + G(0,\ 1)Q(0,\ 1) + R(1 - Q(0,\ 1))G(0,\ 1)$$

$$98{,}88 = 6 \times 0{,}9434 \times Q(0,\ 1) + 100 \times 0{,}9434 \times Q(0,\ 1) + \\ + 40 \times (1 - Q(0,\ 1)) \times 0{,}9434$$

Se despeja:

$$Q(0,\ 1) = 0{,}9820$$

$$B(0,\ 2) = cG(0,\ 1)Q(0,\ 1) + cG(0,\ 2)Q(0,\ 2) + G(0,\ 2)Q(0,\ 2) + \\ + R[(1 - Q(0,\ 1))G(0,\ 1) + (Q(0,\ 1) - Q(0,\ 2))G(0,\ 2)]$$

$$97{,}48 = 6 \times 0{,}9434 \times 0{,}9820 + 6 \times 0{,}8900 \times Q(0,\ 2) + \\ + 100 \times 0{,}8900 \times Q(0,\ 2) + 40[(1 - 0{,}9820) \times 0{,}9434 + \\ + (0{,}9820 - Q(0,\ 2)) \times 0{,}8900]$$

Se despeja:

$$Q(0,\ 2) = 0{,}9589$$

$$B(0,\ 3) = cG(0,\ 1)Q(0,\ 1) + cG(0,\ 2)Q(0,\ 2) + cG(0,\ 3)Q(0,\ 3) + \\ + G(0,\ 3)Q(0{,}3) + R[(1 - Q(0,\ 1))G(0,\ 1) + (Q(0,\ 1) - \\ - Q(0,\ 2))G(0,\ 2)] + (Q(0,\ 2) - Q(0,\ 3))G(0,\ 3)]$$

$$95{,}85 = 6 \times 0{,}9434 \times 0{,}9820 + 6 \times 0{,}8900 \times 0{,}9589 + 6 \times 0{,}8396 \times \\ \times Q(0,\ 3) + 100 \times 0{,}8396 \times Q(0,\ 3) + 40[(1 - 0{,}9820) \times \\ \times 0{,}9434 + (0{,}9820 - 0{,}9589) \times 0{,}8900 + (0{,}9589 - \\ - Q(0,\ 3)) \times 0{,}8396]$$

Se despeja:

$$Q(0,\ 3) = 0{,}9280$$

b) La prima del *credit default swap* viene dada por:

$$s = (1 - R)\,\frac{\sum_{i=1}^{n} G(0,\ T_i)(Q(0,\ T_{i-1}) - Q(0,\ T_i))}{\sum_{i=1}^{n} \delta_i G(0,\ T_i)Q(0,\ T_i)}$$

$$s = (1 - 0{,}4)\,\frac{0{,}9434 \times (1 - 0{,}9820) + 0{,}89 \times (0{,}9820 - 0{,}9589) + + 0{,}8396 \times (0{,}9589 - 0{,}9280)}{0{,}9434 \times 0{,}9820 + 0{,}89 \times 0{,}9589 + 0{,}8396 \times 0{,}9280} = 0{,}0149$$

$$s = 149 \text{ puntos básicos}$$

Caso práctico 8. Cálculos financieros sobre un bono soberano

Un bono soberano emitido en dólares paga un cupón anual del 8% y se amortiza a la par en el vencimiento. El plazo es $T = 5$ años. El bono del Tesoro de EE.UU. al mismo plazo se cotiza con una TIR = 5%. El precio del bono soberano es 102,02%.

a) Calcule el *spread* del bono soberano sobre la TIR del bono de EE.UU.

b) Calcule el tipo fijo del *swap* (tipo *swap*) que intercambia intereses fijos por intereses variables (LIBOR dólar) a cinco años y pagos anuales sabiendo que la curva de tipos de interés cupón cero libre de riesgo de crédito es:

1	2	3	4	5
4,50%	4,60%	4,70%	4,95%	5%

c) Calcule el *spread* del *asset swap* formado por el bono soberano y la permuta financiera (valor inicial a la par).

d) Calcule la prima de un *credit default swap* cuyo bono de referencia es el bono soberano, utilizando el modelo de arbitraje.

Solución:

a) El *spread* está determinado por la condición de que el precio del bono sea igual a los flujos de liquidez actualizados con la TIR más el *spread*.

$$102{,}02 = \frac{8}{1+5\%+s} + \frac{8}{(1+5\%+s)^2} + \cdots + \frac{108}{(1+5\%+s)^5} \qquad s = 2{,}50\%$$

b) El tipo fijo del *swap* es $f = 4{,}98\%$, según se determina en la tabla siguiente[2]:

					4,98%	0,000	
100	**CC**	***G*(0, *T*)**	***Forward***	**FV**	**FF**	**VAFV**	**VAFF**
1	4,50%	0,95694	4,50%	4,500	4,976	4,306	4,762
2	4,60%	0,91398	4,70%	4,700	4,976	4,296	4,548
3	4,70%	0,87128	4,90%	4,900	4,976	4,270	4,336
4	4,95%	0,82427	5,70%	5,704	4,976	4,701	4,102
5	5,00%	0,78353	5,20%	5,200	4,976	4,075	3,899
		4,35000				21,647	21,647

[2] Consulte en el Capítulo 3 la metodología de valoración de una permuta de intereses.

c) El *spread* del *asset swap* está dado por la condición:

$V_{swap} + B(0) = 1$ y de esta ecuación se obtiene el *spread* del *asset swap*

$$s_{as} = \frac{1 - B(0) + (c - f_{swap})A(0)}{A(0)}$$

$B(0)$ es el precio del bono con riesgo, c es el cupón del bono, f_{swap} es el tipo *swap* calculado anteriormente y $A(0)$ es la suma de los factores de actualización.

$$s_{as} = \frac{1 - 1{,}0202 + (0{,}08 - 0{,}0498)4{,}35}{4{,}35} = 0{,}0256 = 2{,}56\%$$

d) La prima de un *credit default swap* calculada mediante el modelo de arbitraje (imperfecto) coincide con el *spread* del *asset swap*.

$$s_{CDS} = s_{as} = 2{,}56\%$$

Caso práctico 9. FRA (*forward rate agreement*) que no forma parte de ninguna cobertura

El banco AA vende un contrato FRA a la empresa BB sin que exista ningún pago en la fecha de realización de la transacción, el día 31/03/200X. Los datos del contrato son: nocional, $N = 1$ millón de euros; tipo de interés pactado en el contrato, $f_c = 4\%$; tipo de interés de referencia para la liquidación del contrato, Euribor tres meses; fecha de referencia, $T_1 = 30/06/200X$; fecha actual, $t = 31/03/200X$; liquidación del contrato: en la fecha de referencia mediante la cotización del Euribor tres meses, $E_{3m}(T_1)$ publicado el día anterior por la empresa difusora de información que el contrato establece y mediante la fórmula:

$$L = \pm \frac{N \times (E_{3m}(T_1) - f_c) \times (90/360)}{1 + E_{3m}(T_1) \times (90/360)}$$

el signo positivo se aplica al comprador y el signo negativo al vendedor.

En la fecha actual, t, los tipos de interés Euribor a los plazos de tres meses y seis meses son: $E_{3m}(t) = 3{,}70\%$ y $E_{6m}(t) = 3{,}77\%$.

a) Obtenga para el banco AA el valor razonable del contrato el 31/03/200X mediante un modelo de valoración generalmente aceptado, suponiendo que en la fecha actual no han existido, en el mercado interbancario, transacciones de contratos FRA del mismo tipo que el pactado por el banco AA y la empresa BB.

b) Obtenga el valor razonable del contrato en una fecha posterior, $t' = 30/04/200X$; los tipos de interés a los plazos de dos y cinco meses son $E_{2m}(t') = 3{,}92\%$ y $E_{5m}(t') = 3{,}96\%$. En esta fecha tampoco han existido transacciones de contratos FRA del mismo tipo que el pactado por el banco AA y la empresa BB.

c) El tipo de interés para la liquidación del contrato en la fecha de referencia es $E_{3m}(T_1) = 4{,}15\%$. Obtenga el valor razonable del derivado.

d) Contabilice el derivado en los libros del banco AA.

Solución:

a) Para la estimación del valor razonable del contrato:

i) Se calcula el tipo de interés *forward* implícito en los tipos de interés a tres meses y seis meses.

$$f = \frac{E_{6m} + T_{6m} - E_{3m} \times T_{3m}}{(1 + E_{3m} \times T_{3m}) \times (T_{6m} - T_{3m})} =$$

$$= \frac{3{,}77\% \times \dfrac{180}{360} - 3{,}70\% \dfrac{90}{360}}{\left(1 + 3{,}70\% \times \dfrac{90}{360}\right)\left(\dfrac{180}{360} - \dfrac{90}{360}\right)} = 3{,}80\%$$

ii) Se realiza el cálculo del «cierre teórico» del contrato, es decir, el valor de la liquidación con el tipo de interés anterior, que es el que negociarían agentes bien informados, independientes y con un criterio racional utilizando el tipo de interés que impide el arbitraje. El valor razonable del contrato es la liquidación potencial obtenida mediante el cierre teórico, que está situada en la fecha de referencia, actualizada.

$$L_T = -\frac{N \times (f - f_c) \times h}{(1 + f \times h)} =$$

$$= -\frac{1.000.000 \times (3{,}80\% - 4\%) \times \left(\dfrac{90}{360}\right)}{1 + 3{,}80\% \times \left(\dfrac{90}{360}\right)} = 495{,}29 \text{ €}$$

$$VR_t = \frac{L_T}{1 + E_{3m}T_{3m}} = \frac{495{,}29}{1 + 3{,}70\% \times 0{,}25} = 490{,}76 \text{ €}$$

b) Volvemos a calcular el tipo de interés *forward* implícito en la nueva fecha.

$$f = \frac{E_{5m} \times T_{5m} - E_{2m} \times T_{2m}}{(1 + E_{2m} \times T_{2m}) \times (T_{5m} - T_{2m})} =$$

$$= \frac{3{,}96\% \times \dfrac{150}{360} - 3{,}92\% \dfrac{60}{360}}{\left(1 + 3{,}92\% \times \dfrac{60}{360}\right)\left(\dfrac{150}{360} - \dfrac{60}{360}\right)} = 3{,}96\%$$

El cierre teórico es:

$$L_T = \frac{N \times (f - f_c) \times h}{(1 + f \times h)} =$$

$$-\frac{1.000.000 \times (3{,}96\% - 4\%) \times \left(\dfrac{90}{360}\right)}{1 + 3{,}96\% \times \left(\dfrac{90}{360}\right)} = 99{,}02 \text{ €}$$

El valor razonable es:

$$VR_t = \frac{L_T}{1 + E_{2m}T_{2m}} = \frac{99{,}02}{1 + 3{,}92\% \times \left(\frac{60}{360}\right)} = 98{,}38 \text{ €}$$

c) El valor razonable es el importe de la liquidación:

$$L_T = -\frac{N \times (f - f_c) \times h}{(1 + f \times h)} =$$

$$= -\frac{1.000.000 \times (4{,}15\% - 4\%) \times \left(\frac{90}{360}\right)}{1 + 4{,}15\% \times \left(\frac{90}{360}\right)} = -371{,}15 \text{ €}$$

$$VR = -371{,}15 \text{ €}$$

d) El registro contable será:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
31.3.200X	Derivado	490,76
	Cuenta de resultados: Resultado del derivado	(490,76)
	Por la venta del contrato por su valor razonable sin liquidación en efectivo	
30.4.200X	Cuenta de resultados: Resultado del derivado	392,38
	Derivado	(392,38)
	Por la valoración del derivado a su valor razonable en esta fecha. El importe de la variación del valor razonable (98,38 – 490,76) se registra en la cuenta de resultados, al no formar parte el derivado de una cobertura contable y seguir el tratamiento contable general de los derivados.	
30.6.200X	Cuenta de resultados: Resultado del derivado	469,53
	Tesorería	(371,15)
	Derivado	(98,38)
	Por la liquidación del contrato	

El banco AA había vendido mediante un contrato FRA un tipo de interés del 4%, por lo que la subida del tipo de interés al 4,15% ha originado una pérdida al banco de 371,15 €. La pérdida se ha registrado a lo largo del periodo de la siguiente forma:

Fecha	Resultado: Ganancia (Pérdida)
31.3.200X	490,76
30.4.200X	(392,38)
30.6.200X	(469,53)
Total	**(371,15)**

El valor de la pérdida está actualizado, ya que su valor definitivo se registra el 30.6.200X, fecha de liquidación (fecha de referencia), en lugar de hacerlo el 30.9.200X, fecha de vencimiento.

Las posiciones en balance en las distintas fechas como consecuencia de esta operación serían:

Fecha	Activo		Pasivo
31.3.200X	Derivado	490,76	—
30.4.200X	Derivado	98,38	—
30.6.200X	—		—

Caso práctico 10. FRA (*forward rate agreement*) que forma parte de una cobertura financiera

El banco AA vende un contrato FRA a la empresa BB sin que exista ningún pago en la fecha de realización de la transacción. Los datos del contrato son: nocional, $N = 1$ millón de euros; tipo de interés pactado en el contrato, $f_c = 4\%$; tipo de interés de referencia para la liquidación del contrato, Euribor tres meses; fecha de referencia, $T_1 = 30.06.200X$; fecha actual, $t = 31.03.200X$; liquidación del contrato: en la fecha de referencia mediante la cotización del Euribor tres meses, $E_{3m}(T_1)$ publicado el día anterior por la empresa difusora de información que el contrato establece y mediante la fórmula:

$$L = \pm \frac{N \times (E_{3m}(T_1) - f_c) \times \left(\dfrac{90}{360}\right)}{1 + E_{3m}(T_1) \times \left(\dfrac{90}{360}\right)}$$

el signo positivo se aplica al comprador y el signo negativo al vendedor.

En la fecha actual, t, los tipos de interés Euribor a los plazos de tres meses y seis meses son: $E_{3m}(t) = 3{,}70\%$ y $E_{6m}(t) = 3{,}77\%$.

El banco AA compra un FRA al banco CC con los mismos datos que el anterior salvo que el tipo de interés negociado es $f'_c = 3{,}80\%$. En esta transacción tampoco existe pago entre las contrapartes.

a) Para el banco AA obtenga el valor razonable de cada contrato.

b) Obtenga el valor razonable de los contratos en una fecha posterior, $t' = 30.04.200X$; los tipos de interés a los plazos de dos y cinco meses son: $E_{2m}(t') = 3{,}92\%$ y $E_{5m}(t') = 3{,}96\%$. En esta fecha no han existido transacciones de contratos FRA del mismo tipo que los que el banco AA tiene en cartera.

c) El tipo de interés para la liquidación de los contratos en la fecha de referencia es $E_{3m}(T_1) = 4{,}15\%$. Obtenga el valor razonable de los derivados.

d) Contabilice los derivados en los libros del banco AA.

Solución:

a) Consideramos en este caso que el tipo de interés negociado entre los bancos es el tipo de interés racional, que además coincide con el tipo de interés *forward* implícito deducido de los tipos de interés a tres y seis meses. ¿Qué ocurriría si existiese una «pequeña» diferencia entre el tipo de interés *forward* implícito y el tipo de interés *forward* del contrato negociado entre los bancos AA y CC? Daríamos preferencia al tipo de interés negociado entre los bancos dado que es una variable observada que puede estar incorporando componentes de liquidez y de riesgo de contraparte que no tiene en cuenta el tipo de interés *forward* implícito.

Valoración del contrato de AA con BB.

Cierre teórico:

$$L_T = -\frac{N \times (f - f_c) \times h}{(1 + f \times h)} =$$

$$= -\frac{1.000.000 \times (3{,}80\% - 4\%) \times \left(\frac{90}{360}\right)}{1 + 3{,}80\% \times \left(\frac{90}{360}\right)} = 495{,}29\ €$$

Valor razonable:

$$VR_t = \frac{L_T}{1 + E_{3m}T_{3m}} = \frac{495{,}29}{1 + 3{,}70\% \times 0{,}25} = 490{,}76\ €$$

Valoración del contrato de AA con CC.

Cierre teórico:

$$L_T = +\frac{N \times (f - f_c) \times h}{(1 + f \times h)} =$$

$$= +\frac{1.000.000 \times (3{,}80\% - 3{,}80\%) \times \left(\frac{90}{360}\right)}{1 + 3{,}80\% \times \left(\frac{90}{360}\right)} = 0{,}00\ €$$

Valor razonable:

$$VR_t = \frac{L_T}{1 + E_{3m}T_{3m}} = \frac{0{,}00}{1 + 3{,}70\% \times 0{,}25} = 0{,}00\ €$$

b) Se calcula el tipo de interés *forward* implícito en la nueva fecha.

$$f = \frac{E_{5m} \times T_{5m} - E_{5m} \times T_{5m}}{(1 + E_{2m} \times T_{2m}) \times (T_{5m} - T_{2m})} =$$

$$= \frac{3{,}96\% \times \frac{150}{360} - 3{,}92\% \frac{60}{360}}{\left(1 + 3{,}92\% \times \frac{60}{360}\right)\left(\frac{150}{360} - \frac{60}{360}\right)} = 3{,}96\%$$

Valoración del contrato de AA con BB.

El cierre teórico es:

$$L_T = -\frac{N \times (f - f_c) \times h}{(1 + f \times h)} =$$

$$= -\frac{1.000.000 \times (3{,}96\% - 4\%) \times \left(\frac{90}{360}\right)}{1 + 3{,}96\% \times \left(\frac{90}{360}\right)} = 99{,}02 \text{ €}$$

El valor razonable es:

$$VR_t = \frac{L_T}{1 + E_{2m}T_{2m}} = \frac{99{,}02}{1 + 3{,}92\% \times \left(\frac{60}{360}\right)} = 98{,}38 \text{ €}$$

Valoración del contrato de AA con CC.

El cierre teórico es:

$$L_T = +\frac{N \times (f - f_c) \times h}{(1 + f \times h)} =$$

$$= +\frac{1.000.000 \times (3{,}96\% - 3{,}80\%) \times \left(\frac{90}{360}\right)}{1 + 3{,}96\% \times \left(\frac{90}{360}\right)} = -396{,}08 \text{ €}$$

El valor razonable del contrato de AA con CC es:

$$VR_t = \frac{L_T}{1 + E_{2m}T_{2m}} = \frac{-396{,}08}{1 + 3{,}92\% \times \left(\frac{60}{360}\right)} = -393{,}51 \text{ €}$$

c) El valor razonable del contrato de AA con BB es el importe de la liquidación.

$$L_T = -\frac{N \times (f - f_c) \times h}{(1 + f \times h)} =$$

$$= +\frac{1.000.000 \times (4{,}15\% - 4\%) \times \left(\frac{90}{360}\right)}{1 + 4{,}15\% \times \left(\frac{90}{360}\right)} = -371{,}15 \text{ €}$$

$$VR = -371{,}15 \text{ €}$$

El valor razonable del contrato de AA con CC es el importe de la liquidación.

$$L_T = + \frac{N \times (f - f_c) \times h}{(1 + f \times h)} =$$

$$= + \frac{1.000.000 \times (4{,}15\% - 3{,}80\%) \times \left(\frac{90}{360}\right)}{1 + 4{,}15\% \times \left(\frac{90}{360}\right)} = 866{,}02\ €$$

$$VR = 866{,}02\ €$$

d) El registro contable será:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
31.3.200X	Derivado vendido	490,76
	Cuenta de resultados: Resultado del derivado	(490,76)
	Registro contable consecuencia de la venta del contrato a la empresa BB. Por la compra del contrato al banco CC en esta fecha, no se produce ningún desembolso y el valor razonable del derivado comprado es cero, por lo que no se debe realizar ningún registro contable por esta compra; únicamente debe informarse en la memoria sobre la misma.	
30.4.200X	Cuenta de resultados: Resultado del derivado	392,38
	Derivado vendido	(392,38)
	Por la valoración del derivado vendido a BB a su valor razonable en esta fecha (490,76 − 98,38).	
	Derivado comprado	393,51
	Cuenta de resultados: Resultado del derivado	(393,51)
	Por la valoración del derivado comprado a su valor razonable. El importe de la variación del valor razonable (393,51 − 0) es una ganancia que se registra en la cuenta de resultados. Aunque este derivado forma parte de una cobertura financiera, no requiere un tratamiento contable específico, es decir, no necesita tratarse ni como una cobertura de valor razonable, ni como una cobertura de flujos de efectivo, ya que los resultados potenciales originados por el FRA comprado y los originados por el FRA vendido se recogen ambos en la cuenta de resultados donde se compensan.	
30.6.200X	Cuenta de resultados: Resultado del derivado	469,53
	Tesorería	(371,15)
	Derivado vendido	(98,38)
	Por la liquidación del contrato vendido a BB	
	Tesorería	866,02
	Derivado comprado	(393,51)
	Cuenta de resultados: Resultado del derivado	(472,51)
	Por la liquidación del contrato comprado a CC	

El banco AA había comprado al banco CC mediante un contrato FRA un tipo de interés del 3,8%, por lo que la subida del tipo de interés al 4,15% ha originado al banco AA un beneficio de 472,51 € que compensa la pérdida de 371,15 € del FRA vendido. El registro en la cuenta de resultados del banco AA se ha realizado a lo largo del período de la siguiente forma:

Fecha	Resultado: Ganancia (Pérdida)	
31.3.200X	Procedente del FRA vendido: Resultado final:	490,76 490,76
30.4.200X	Procedente del FRA vendido: Procedente del FRA comprado: Resultado final:	(392,38) 393,51 1,13
30.6.200X	Procedente de FRA vendido: Procedente del FRA comprado: Resultado final:	(469,53) 472,51 2,98

Puede comprobarse que las ganancias y pérdidas se compensan en la cuenta de resultados, con lo que se muestra adecuadamente la cobertura financiera realizada por el banco AA. Al valorarse el FRA vendido y el FRA comprado a valor razonable, recogiendo los cambios de valor en la cuenta de resultado, no resulta preciso para reflejar adecuadamente esta cobertura financiera acudir al tratamiento específico establecido para las coberturas contables. Estaríamos ante una cobertura financiera que no requiere un tratamiento de cobertura contable, por valorarse de forma homogénea el elemento cubierto (FRA vendido) y el elemento de cobertura (FRA comprado).

Caso práctico 11. *Forward* sobre una divisa

Un operador de una entidad toma una posición a plazo sobre el dólar vendiendo 100.000 dólares a un tipo de cambio de 2.340 pesos colombianos/dólar, para un vencimiento dentro de 90 días. El valor razonable de este derivado en la fecha inicial es nulo. Si pasan 30 días:

a) Valore el contrato si el tipo de cambio *forward* negociado en el mercado a plazo es 2.370 pesos/$.

b) Contabilice la operación.

c) Suponga que quiere establecer un límite a la posición del operador y la Unidad de Riesgos estima en 9% la volatilidad anualizada del tipo de cambio *forward*. Toma la decisión de que el límite corresponda a la pérdida máxima al 99% de nivel de confianza y horizonte diez días, y establece la pérdida máxima admisible en 15 millones de pesos. Halle el límite suponiendo que utiliza el método VaR-Normal.

d) Valore el contrato si no dispone del tipo de cambio *forward* negociado en el mercado y ha establecido como método de valoración el tipo de cambio *forward* que impide el arbitraje.

Datos: tipo de interés dólar a 60 días: 5,70%; tipo de interés peso colombiano a 60 días: 7,50%; tipo de cambio contado: 2.364 pesos/dólar.

Solución:

a) El cierre (teórico) del contrato generaría el siguiente resultado en el vencimiento para la posición vendedora:

Liquidación:

$$L_T = -N(f_m - f_c) = -100.000 \times (2.370 - 2.340) = -3.000.000 \text{ pesos}$$

N es el nocional del contrato, f_m es el tipo de cambio *forward* de mercado y f_c es el tipo de cambio *forward* pactado en el contrato.

El valor razonable del contrato se obtiene mediante el valor actual del flujo de liquidez de la liquidación teórica.

$$VR = \frac{L_T}{1 + r_{\text{peso}}T} = \frac{-3.000.000}{1 + 7{,}50\% \dfrac{60}{365}} = -2.963.464 \text{ pesos}$$

b) El registro contable sería:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
Venta divisa a plazo	*Por la toma de posición solo se debe informar en la memoria, no debiendo realizarse ningún registro por ser cero el valor razonable inicial.*	
30 días después	Cuenta de resultados: Resultado del derivado	2.963.464
	Derivado	(2.963.464)
	Por la valoración del derivado a su valor razonable en esta fecha. El derivado no forma parte de una cobertura contable, y se aplica la normativa general para el tratamiento contable del derivado: el importe de la variación del valor razonable se recoge en la cuenta de resultados. Pasados los treinta días el banco tiene un pasivo, debido a la subida del tipo de cambio.	

c) El VaR-Normal viene dado por la expresión:

$$VaR = N \times f \times k(\alpha) \times \hat{\sigma} \times \sqrt{h}$$

siendo N nominal del contrato que en este caso es la incógnita que queremos determinar, f tipo de cambio *forward*, $k(\alpha)$ coeficiente que depende del nivel de confianza elegido, $\hat{\sigma}$ volatilidad estimada, h horizonte temporal de la medición de riesgo.

$$15.000.000 = N \times 2.370 \times 2{,}33 \times \sqrt{\frac{10}{250}}$$

$$N = \frac{15.000.000}{2.370 \times 2{,}33 \times 9\% \times \sqrt{\frac{10}{250}}} = 150.909\ \$$$

d) El tipo *forward* obtenido mediante la condición de imposibilidad de arbitraje es:

$$f^* = e\,\frac{1 + r_{\text{peso}}T}{1 + r_{\text{dólar}}T} = 2.364\,\frac{1 + 7{,}50\%\,\frac{60}{365}}{1 + 5{,}70\%\,\frac{60}{365}} = 2.370{,}79 \text{ pesos/dólar}$$

En este caso el valor razonable sería:

$$VR = \frac{-100.000 \times (2.370{,}99 - 2.340)}{1 + 7{,}50\%\,\frac{60}{365}} = -3.041.588 \text{ pesos}$$

Caso práctico 12. Futuro sobre una divisa

La entidad FFF decide el día 10 de junio de 20X7 especular con la previsible variación del tipo de cambio $/€, comprando en el mercado de futuros 15 contratos con vencimiento 31 de diciembre de 20X7 y 20 contratos con vencimiento 30 de junio de 20X8.

Las características de los contratos normalizados que se venden en el mercado son las siguientes:

— Nocional de cada contrato: 100.000 $.

— Depósito de garantía: 600 € por contrato.

— Fechas de liquidación y tipos de cambio negociados:

Fecha de liquidación	Tipo de cambio negociado
30 septiembre 20X7	1 $ = 0,64 €
31 diciembre 20X7	1 $ = 0,65 €
31 marzo 20X8	1 $ = 0,66 €
30 junio 20X8	1 $ = 0,67 €

Los tipos de cambio de contado en diferentes fechas son:

Fecha	Tipo de cambio contado
10 junio 20X7	1 $ = 0,63 €
31 diciembre 20X7	1 $ = 0,69 €
30 junio 20X8	1 $ = 0,71 €

El 31 de diciembre de 20X7, el tipo de cambio a plazo (vencimiento 30 de junio de 20X8) es de 1 $ = 0,70 €.

a) Calcule la liquidación que efectuará la cámara de compensación con la entidad FFF en las fechas 10.6.20X7, 31.12.20X7 y 30.6.20X8.

b) Realice los registros contables de la entidad FFF en dichas fechas.

Solución:

a) Al ser un contrato de futuro, es decir, un contrato negociado en un mercado organizado, y asumiendo que la negociación es activa, el valor razonable es la cotización en el mercado, por lo que no resulta necesario estimar dicho valor. Las ganancias o pérdidas que originan estos contratos de futuros se suelen liquidar diariamente por la cámara de compensación, que es el órgano encargado de realizar los cargos y abonos correspondientes a la entidad FFF. En este caso la liquidación que realizará la cámara en las fechas indicadas será:

Fecha	Operación	Cobro (en €)	Pago (en €)
10.6.20X7	Compra 15 contratos. *Depósito inicial: 15 × 600*		9.000
	Compra 20 contratos. *Depósito inicial: 20 × 600*		12.000
	Total		21.000
31.12.20X7	Liquidación 15 contratos: *15 × 100.000 × (0,69 – 0,65)*	60.000	
	Liquidación 20 contratos: *20 × 100.000 × (0,70 – 0,67)*	60.000	
	Devolución de depósito de 15 contratos	9.000	
	Total	129.000	
30.6.20X8	Liquidación 20 contratos: *20 × 100.000 × (0,71 – 0,70)*	20.000	
	Devolución de depósito de 20 contratos	12.000	
	Total	32.000	

b) El registro contable será:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
10.6.20X7	Depósito de garantía	21.000
	Tesorería	(21.000)
	Por el importe entregado a la cámara como depósito	
31.12.20X7	Tesorería	69.000
	Depósito de garantía	(9.000)
	Cuenta de resultados: Diferencias de cambio	(60.000)
	Por la liquidación de los 15 contratos y devolución del depósito de garantía	
	Tesorería	60.000
	Cuenta de resultados: Diferencias de cambio	(60.000)
	Por la liquidación de los 20 contratos	
30.6.20X8	Tesorería	32.000
	Depósito de garantía	(12.000)
	Cuenta de resultados: Diferencias de cambio	(20.000)
	Por la liquidación de los 20 contratos y devolución del depósito de garantía	

Caso práctico 13. *Forward* sobre un bono

El precio de un bono al contado es 98,35% de su valor nominal. El tenedor del bono recibe dentro de 90 días el pago de un cupón 7% del nominal. Los pagos de cupones son semestrales.

a) Calcule el precio a plazo de la venta del bono con vencimiento dentro de 180 días utilizando un modelo que impide el arbitraje.

El tipo de interés a 90 días es el 7,00% y a 180 días es el 7,15%.

b) Calcule el valor razonable del contrato suponiendo que se pacta el precio calculado en el apartado a).

c) Pasados 30 días el precio contado del bono es 97,12% y los tipos de interés a 60 días y 150 días son el 7,60% y el 7,65%, respectivamente. Calcule el valor razonable del contrato de venta de 5.000 bonos a plazo. Nominal de cada bono $N = 1.000$ €.

d) Contabilice el derivado.

Solución:

a) El precio que impide el arbitraje se obtiene mediante la ecuación:

$$F + C[1 + f_{T'/T}(T - T')] = P_0(1 + r_T T)$$
$$F = P_0(1 + r_T T) - C[1 + f_{T'/T}(T - T')]$$

El tipo de interés *forward* implícito verifica:

$$1 + f_{T'/T}(T - T') = \frac{1 + r_T T}{1 + r_{T'} T'} = \frac{1 + 7{,}15\% \dfrac{180}{360}}{1 + 7\% \dfrac{90}{360}} = 1{,}01794$$

$$F = 98{,}35 \times \left(1 + 7{,}15\% \frac{180}{360}\right) - 7 \times 1{,}01794 = 94{,}745\%$$

b) El valor razonable es cero, al haberse negociado con un precio que impide el arbitraje.

c) El precio a plazo mediante el modelo de valoración exige el cálculo del *forward* implícito.

$$1 + f_{T'/T}(T - T') = \frac{1 + r_T T}{1 + r_{T'} T'} = \frac{1 + 7{,}65\% \dfrac{150}{360}}{1 + 7{,}60\% \dfrac{60}{360}} = 1{,}01897$$

$$F = 97{,}12 \times \left(1 + 7{,}65\% \frac{150}{360}\right) - 7 \times 1{,}01897 = 93{,}083\%$$

El valor razonable del contrato se obtiene mediante el cierre teórico y actualizando a la fecha de valoración.

$$VR = \frac{-n \times N \times (F_m - F_c)}{1 + r_T T}$$

El signo negativo corresponde a una posición vendedora, n es el número de bonos, N es el nominal de cada bono, F_m es el precio a plazo del mercado o del modelo de valoración, F_0 es el precio a plazo del contrato y r_T es el tipo de interés al plazo T de vencimiento del contrato.

$$VR = \frac{-n \times N \times (F_m - F_c)}{1 + r_T T} =$$

$$= -\frac{5.000 \times 1.000 \times (93{,}083\% - 94{,}740\%)}{1 + 7{,}65\% \dfrac{150}{360}} = 80.317$$

d)

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
Fecha de negociación	*Por la venta a plazo de los bonos solo se debe informar en la memoria, no debiendo realizarse ningún registro por ser cero el valor razonable inicial del contrato.*	
30 días después	Derivado	80.317
	Cuenta de resultados: Resultado del derivado	(80.317)
	Por la valoración del derivado a su valor razonable en esta fecha. El derivado no forma parte de una cobertura contable, y se aplica la normativa general para el tratamiento contable del derivado: el importe de la variación del valor razonable se recoge en la cuenta de resultados. Pasados los treinta días el banco tiene un activo, debido a la caída del precio del bono.	

Caso práctico 14. Contrato *forward* para la compra (venta) de acciones propias

La entidad BBB firma un contrato *forward* con una entidad de crédito para la compra de acciones propias, es decir, acciones de la entidad BBB. El contrato tiene las siguientes características:

— Fecha del contrato: 2.1.20X7.

— Fecha de vencimiento: 2.1.20X8.

— Precio establecido en el contrato para la compra de las acciones de la entidad BBB: 90 €/acción.

— Nocional: 3.000 acciones.

— El 2.1.20X7 el valor razonable del derivado es cero, no existiendo pago de efectivo por ninguna de las partes.

Se tiene la siguiente información adicional:

— Cotización de las acciones de la entidad BBB el 2.1.20X7: 89 €/acción.

— Cotización de las acciones de la entidad BBB el 30.6.20X7: 96 €/acción.

— Cotización de las acciones de la entidad BBB el 31.12.20X7: 93,90 €/acción.

— Cotización de las acciones de la entidad BBB el 2.1.20X8: 94 €/acción.

— Tipo de interés cupón cero el 30.6.20X7 con vencimiento el 2.1.20X8: 5%.

— Tasa estimada de dividendos, anualizada, el 30.06.20X7 para el período comprendido entre esta fecha y la del vencimiento del contrato, 1,5%.

— Tipo de interés cupón cero el 31.12.20X7 con vencimiento el 2.1.20X8: 5,20%.

— Tasa estimada de dividendos, anualizada, el 31.12.20X7 para el período comprendido entre esta fecha y la del vencimiento del contrato: 0%.

a) Para la entidad BBB, valores razonables del contrato el 30.6.20X7, 31.12.20X7 y 2.1.20X8.

b) Registros contables de la entidad BBB, suponiendo, en primer lugar, que el contrato se liquidará en efectivo por el neto; en segundo lugar, con entrega de las acciones por el neto, y, en tercer lugar, por la entrega total de las acciones.

c) Registro contable de la entidad de crédito, suponiendo las mismas hipótesis.

d) Registros contables de la entidad BBB, suponiendo que el contrato de *forward* en lugar de ser para la compra de acciones propias es para la venta de acciones propias, liquidándose el contrato en el vencimiento por la entrega total de las acciones.

Solución:

a) Valor razonable del contrato el 30.6.20X7:

Utilizamos un modelo de valoración, para lo cual es necesario calcular en primer lugar el precio *forward* racional, que impide el arbitraje.

$$F_{tT} = S_t[1 + (r - q) \times (T - t)] = 96 \times \left(1 + (5\% - 1{,}5\%) \times \frac{186}{360}\right) = 97{,}74$$

El valor razonable del contrato para el comprador es:

$$VR = N \times (F_{tT} - F_{0T}) \times \frac{1}{1 + r(T - T)} = \frac{3.000 \times (97{,}74 - 90)}{1 + 5\% \times \dfrac{186}{360}} = 22.623{,}56\ €$$

Valor razonable del contrato el 31.12.20X7:

$$F_{tT} = S_t[1 + (r - q) \times (T - t)] = 93{,}90 \times \left(1 + (5{,}2\% - 0\%) \times \frac{2}{360}\right) = 93{,}93$$

$$VR = N \times (F_{tT} - F_{0T}) \times \frac{1}{1 + r(T - T)} = \frac{3.000 \times (93{,}93 - 90)}{1 + 5{,}2\% \times \dfrac{2}{360}} = 11.777{,}98\ €$$

Valor razonable del contrato el 2.1.20X8.

En esta fecha el valor razonable coincide con el valor de la liquidación del contrato, cuyo valor es indiferente de la forma de la liquidación.

$$VR = N \times (S_T - F_{0T}) = 3.000 \times (94 - 90) = 12.000\ €$$

b) El registro contable de la entidad BBB es el siguiente:

Suponemos, en primer lugar, que el contrato se liquida en efectivo por diferencias. En este caso la entidad BBB cobrará en efectivo el 2.1.20X8, por la diferencia entre el valor razonable de sus acciones el 2.1.20X8 (94 €) y el precio establecido en el derivado para la compra (90 €).

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
2.1.20X7	*No se requiere ningún registro por ser cero el valor razonable del contrato y no existir ningún pago entre las partes. Únicamente se informará en las notas.*	
30.6.20X7	Derivado	22.623,56
	Resultados: Variación del valor razonable	(22.623,56)
	Incremento en el valor razonable del derivado, recogido en la cuenta de resultados	
31.12.20X7	Resultados: Variación del valor razonable	10.845,58
	Derivado	(10.845,58)
	Decremento en el valor razonable del derivado, recogido en la cuenta de resultados: 11.777,98 − 22.623,56 = − 10.845,58	
2.1.20X8	Derivado	222,02
	Resultados: Variación del valor razonable	(222,02)
	Incremento del valor razonable: 12.000 − 11.777,98 = 222,02	
	Tesorería	12.000
	Derivado	(12.000)
	Liquidación del contrato, en el supuesto de que se liquida en efectivo.	

Suponemos, en segundo lugar, que el contrato se liquida por diferencias con la entrega de acciones. En este caso la entidad BBB recibirá acciones propias el 2.1.20X8, con un valor razonable igual a la diferencia entre el valor razonable de sus acciones el 2.1.20X8 (94 €) y el precio establecido en el derivado para la compra (90 €).

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
2.1.20X7	*No se requiere ningún registro.*	
30.6.20X7	Derivado	22.623,56
	Resultados: Variación del valor razonable	(22.623,56)
	Incremento en el valor razonable del derivado	
31.12.20X7	Resultados: Variación del valor razonable	10.845,58
	Derivado	(10.845,58)
	Decremento en el valor razonable del derivado: 11.777,98 − 22.623,56 = − 10.845,58	
	Derivado	222,02
	Resultados: Variación del valor razonable	(222,02)

(continúa)

(*continuación*)

2.1.20X8	*Incremento del valor razonable: 12.000 − 11.777,98 = 222,02*	
	Patrimonio neto: Acciones propias	12.000
	Derivado	(12.000)
	Liquidación del contrato, en el supuesto de que se liquida por diferencias con acciones propias.	

Suponemos, en tercer lugar, que el contrato se liquida en con la entrega total de las acciones al precio establecido. En este caso la entidad AAA firma el 2.1.20X7 un contrato con una entidad de crédito, según el cual recibirá 3.000 acciones propias pagando a la entidad de crédito 90 € por cada acción. En este caso, al tratarse de la compra futura de acciones propias, se debe registrar una reducción de patrimonio neto y un pasivo financiero por el precio a pagar (90 × 3.000 = 270.000 €), pasivo que se contabilizará al coste amortizado, tras haber calculado para el mismo el interés efectivo.

El tipo de interés efectivo sería:

$$267.000\ (1 + i) = 270.000; \qquad i = 1{,}124\%$$

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
2.1.20X7	Patrimonio neto	267.000
	Pasivo venta acciones propias	(267.000)
	Reconocimiento de deuda contraída valorada a valor razonable: 89 × 3.000 = 267.000	
30.6.20X7	Resultados: Gastos financieros	1.471,7
	Pasivo venta acciones propias	(1.471,7)
	Devengo de intereses, valorando el pasivo a coste amortizado: 267.000 × 1,124% × 179/365 = 1.471,7	
31.12.20X7	Resultados: Gastos financieros	1.521,2
	Pasivo venta acciones propias	(1.521,2)
	Devengo de intereses, valorando el pasivo a coste amortizado: (267.000 + 1.471,7) × 1,24% × 184/365 = 1.521,2	
2.1.20X8	Resultados: Gastos financieros	16
	Pasivo venta acciones propias	(16)
	Devengo de intereses, valorando el pasivo a coste amortizado: (267.000 + 1.471,7 + 1.521,2) × 1,24% × 2/365 = 16	
	Pasivo venta acciones propias	270.000
	Tesorería	(12.000)
	Liquidación del contrato, en el supuesto de que se liquida con la entrega total de los títulos.	

c) El registro contable de la entidad de crédito que firma el contrato con la entidad BBB es el siguiente.

Suponemos, en primer lugar, que el contrato se liquida en efectivo por diferencias.

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
2.1.20X7	*No se requiere ningún registro por ser cero el valor razonable del contrato y no existir ningún pago entre las partes. Únicamente se informará en las notas.*	
30.6.20X7	Resultados: Variación del valor razonable	22.623,56
	Derivado	(22.623,56)
	Decremento en el valor razonable del derivado, recogido en la cuenta de resultados	
31.12.20X7	Derivado	10.845,58
	Resultados: Variación del valor razonable	(10.845,58)
	Incremento en el valor razonable del derivado, recogido en la cuenta de resultados: − (11.777,98 − 22.623,56) = 10.845,58	
2.1.20X8	Resultados: Variación del valor razonable	222,02
	Derivado	(222,02)
	Decremento del valor razonable: − (12.000 − 11.777,98) = − 222,02	
	Derivado	12.000
	Tesorería	(12.000)
	Liquidación del contrato, en el supuesto de que se liquida en efectivo.	

Suponemos, en segundo lugar, que el contrato se liquida por diferencias con la entrega de acciones.

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
2.1.20X7	*No se requiere ningún registro.*	
30.6.20X7	Resultados: Variación del valor razonable	22.623,56
	Derivado	(22.623,56)
	Decremento en el valor razonable del derivado	
31.12.20X7	Derivado	10.845,58
	Resultados: Variación del valor razonable	(10.845,58)
	Incremento en el valor razonable del derivado: − (11.777,98 − 22.623,56) = 10.845,58	

(*continúa*)

(*continuación*)

2.1.20X8	Resultados: Variación del valor razonable	222,02
	Derivado	(222,02)
	Decremento del valor razonable: − (12.000 − 11.777,98) = − 222,02	
	Derivado	12.000
	Acciones de AAA	(12.000)
	Liquidación del contrato, en el supuesto de que se liquida por diferencias con acciones.	

Suponemos, en tercer lugar, que el contrato se liquida en con la entrega total de las acciones al precio establecido.

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
2.1.20X7	*No se requiere ningún registro.*	
30.6.20X7	Resultados: Variación del valor razonable	22.623,56
	Derivado	(22.623,56)
	Decremento en el valor razonable del derivado	
31.12.20X7	Derivado	10.845,58
	Resultados: Variación del valor razonable	(10.845,58)
	Incremento en el valor razonable del derivado: *− (11.777,98 − 22.623,56) = 10.845,58*	
2.1.20X8	Resultados: Variación del valor razonable	222,02
	Derivado	(222,02)
	Decremento del valor razonable: − (12.000 − 11.777,98) = − 222,02	
	Acciones de AAA	282.000
	Tesorería	(282.000)
	Compra de las acciones para la entrega: 3.000 × 94 = 282.000	
	Tesorería	270.000
	Derivado	12.000
	Acciones de AAA	(282.000)
	Liquidación del contrato, en el supuesto de que se liquida por entrega de todas las acciones. La entidad de crédito vende las acciones al precio establecido: Tesorería: 3.000 × 90 = 282.000	

d) El registro contable, en el caso de que el *forward* fuera para la venta de acciones propias, sería:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
2.1.20X7	*No se requiere ningún registro.*	
30.6.20X7	*No se requiere ningún registro.*	
31.12.20X7	*No se requiere ningún registro.*	
2.1.20X8	Tesorería	282.000
	Patrimonio neto	(282.000)
	Liquidación del contrato, en el supuesto de que se liquida por entrega de todas las acciones. La entidad BBB vende sus propias acciones a la entidad de crédito al precio establecido: *Tesorería: 3.000 × 90 = 282.000*	

Al tratarse de de una venta de acciones propias no se registran ni ganancias ni pérdidas en la cuenta de resultados.

Caso práctico 15. Permuta de intereses que no forma parte de una cobertura

El 31 de mayo de 20X7 la entidad FFF firma un contrato de permuta de intereses. El contrato tiene las siguientes características:

— Nocional: 10.000.000 €.

— Intereses:

- Pagos fijos: 5%, con liquidación anual el 31 de diciembre de cada año.
- Cobros variable: Euribor año, con liquidación anual el 31 de diciembre de cada año.

— Vencimiento: 31 de diciembre de 20X9.

— No existe ningún desembolso inicial en el momento de la firma.

Se tiene la siguiente información adicional:

— Tipo variable actual (fijado el 31.12.20X6): 4,90%.

— Tipos cupón cero el 31 de mayo de 20X7:

Fecha de vencimiento	Tipo cupón cero
31.12.20X7	5,00%
31.12.20X8	5,12%
31.12.20X9	5,25%

CAPÍTULO 7

a) Obtenga, para la entidad FFF, el valor razonable del contrato el 31.5.20X7 mediante un modelo de valoración generalmente aceptado.

b) Contabilice esta operación en los libros de la entidad FFF en dicha fecha.

Solución:

a) Para el cálculo del valor razonable de la permuta construimos la siguiente tabla:

Nocional	10.000.000	Tipos							
31.05.20X7	**Días**	**cupón cero**	**$G(0, T)$**	**Variables**	**Fijo**	**FV**	**FF**	**VAFV**	**VAFF**
31.12.20X7	214	5,00%	0,971800	4,90%	5%	490.000	500.000	476.182	485.900
31.12.20X8	580	5,12%	0,923722	5,20%	5%	520.481	500.000	480.780	461.861
31.12.20X9	945	5,25%	0,875923	5,46%	5%	545.691	500.000	477.983	437.962
								1.434.944	1.385.722
			VR	49.222					

Los flujos variables (FV) y fijos (FF) están calculados con base 365 y días exactos entre dos fechas.

El valor razonable del contrato es la diferencia entre el valor actual de los flujos variables (VAFV) y el valor actual de los flujos fijos (VAFF). El valor razonable (VR) el 31.05.20X7 es 49.222 €.

b) El registro contable es:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
31.5.20X7	Derivado	49.222
	Resultados: Resultado de operaciones financieras	(49.222)
	Firma del contrato, reconociendo el derivado a su valor razonable.	

Al ser el valor razonable positivo, la entidad ha reconocido el derivado como un activo. Hemos reconocido un resultado por haber recibido un activo por el que no se ha tenido que realizar ningún desembolso; al no existir un desembolso inicial no se ha realizado ningún abono a cuentas de tesorería.

Caso práctico 16. Permuta de intereses que forma parte de una cobertura financiera

La entidad de crédito CCC contrata con un cliente el 10 de mayo de 20X0 una permuta de intereses con las siguientes características:

— Nocional: 250.000 €.

— Liquidación: el 10 de mayo de cada año, durante cuatro años, con las siguientes condiciones:

- Paga al cliente Euribor año.
- Cobra al cliente el 6%.
- En el contrato se recoge que, para la primera liquidación, el Euribor será el vigente en la fecha del contrato que es del 4%.

El 10 de mayo de 20X0 la entidad de crédito CCC contrata también con la entidad de crédito AAA una permuta de intereses con las siguientes características:

— Nocional: 250.000 €.

— Liquidación el 10 de mayo de cada año, durante cuatro años, con las siguientes condiciones:

- Paga a la entidad AAA el 6%.
- Cobra a la entidad AAA Euribor año.
- En el contrato se recoge que, para la primera liquidación, el Euribor será el vigente en la fecha del contrato que es del 4%.
- En la fecha de contratación se abonará en efectivo el valor razonable del contrato definido por un modelo de valoración generalmente aceptado.

La curva cupón cero da la siguiente información:

Fechas	10.5.20X1	10.5.20X2	10.5.20X3	10.5.20X4
10.5.20X0	4,00%	4,10%	4,15%	4,17%
10.5.20X1		4,50%	4,60%	4,70%
10.5.20X2			4,30%	4,20%
10.5.20X3				4,00%

a) Obtenga para la entidad de crédito CCC el valor razonable de las dos permutas el 10.5.20X0 y el 10.5.20X1 mediante un modelo de valoración generalmente aceptado.

b) Contabilice estas operaciones en los libros de la entidad de crédito CCC en las fechas indicadas.

Solución:

a) El cálculo del valor razonable de la permuta con el cliente se resume en la siguiente tabla:

Nocional	250.000	VR	16.565						
10.5.20X0	**Días**	**Tipos**	***G*(0, *T*)**	**Variables**	**Fijo**	**FV**	**FF**	**VAFV**	**VAFF**
10.5.20X1	365	4,00%	0,961538	4,00%	6%	10.000	15.000	9.615	14.423
10.5.20X2	730	4,10%	0,922781	4,20%	6%	10.500	15.000	9.689	13.842
10.5.20X3	1.095	4,15%	0,885161	4,25%	6%	10.625	15.000	9.405	13.277
10.5.20X4	1.461	4,17%	0,849143	4,24%	6%	10.604	15.000	9.005	12.737
								37.714	54.279

Si la transacción con el cliente se hubiera realizado a valor razonable, el banco tendría que abonar al cliente 16.565 €, por ser el valor razonable la diferencia entre el valor actualizado de los flujos fijos menos el valor actualizado de los flujos variables:

$$VR = VAFF - VAFV = 54.279 - 37.714 = 16.565 \text{ €}$$

El cálculo del valor razonable de la permuta con el la entidad AAA se resume en la siguiente tabla:

Nocional	250.000	VR	−16.565						
10.5.20X0	**Días**	**Tipos**	***G*(0, *T*)**	**Variables**	**Fijo**	**FV**	**FF**	**VAFV**	**VAFF**
10.5.20X1	365	4,00%	0,961538	4,00%	6%	10.000	15.000	9.615	14.423
10.5.20X2	730	4,10%	0,922781	4,20%	6%	10.500	15.000	9.689	13.842
10.5.20X3	1.095	4,15%	0,885161	4,25%	6%	10.625	15.000	9.405	13.277
10.5.20X4	1.461	4,17%	0,849143	4,24%	6%	10.604	15.000	9.005	12.737
								37.714	54.279

El valor razonable (VR) de la permuta para la entidad CCC, el 10.5.20X0, es un pasivo de 16.565 €, que tiene como contrapartida la entrada en tesorería del mismo importe que la entidad AAA (contraparte) abona a la entidad de crédito CCC. El valor razonable el día 10.5.20X0 de este derivado firmado con la entidad AAA, es igual a al valor razonable del derivado firmado con el cliente, pero de signo opuesto.

La valoración el 10.5.20X1 se puede resumir en las siguientes tablas:

Derivado entre entidad CCC y cliente:

Nocional	250.000	VR	8.954						
10.5.20X1	**Días**	**Tipos**	**$G(0, T)$**	**Variables**	**Fijo**	**FV**	**FF**	**VAFV**	**VAFF**
10.5.20X2	365	4,50%	0,956938	4,50%	6%	11.250	15.000	10.766	14.354
10.5.20X3	730	4,60%	0,913980	4,70%	6%	11.750	15.000	10.739	13.710
10.5.20X4	1.095	4,70%	0,871284	4,90%	6%	12.251	15.000	10.674	13.069
								32.179	41.133

El valor razonable es de 8.954 € (VR = 41.133 − 32.179).

Derivado entre entidad CCC y entidad AAA:

Nocional	250.000	VR	−8.954						
10.5.20X1	**Días**	**Tipos**	**$G(0, T)$**	**Variables**	**Fijo**	**FV**	**FF**	**VAFV**	**VAFF**
10.5.20X2	365	4,50%	0,956938	4,50%	6%	11.250	15.000	10.766	14.354
10.5.20X3	730	4,60%	0,913980	4,70%	6%	11.750	15.000	10.739	13.710
10.5.20X4	1.095	4,70%	0,871284	4,90%	6%	12.251	15.000	10.674	13.069
								32.179	41.133

CAPÍTULO 7

El valor razonable es −8.954 € (VR = 32.179 − 41.133).

b) El registro contable será:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
10.5.20X0	Derivado contratado con cliente	16.565
	Resultados: Variación del valor razonable	(16.565)
	Derivado negociado con el cliente. Existe una ganancia al no existir una contraprestación monetaria por un activo cuyo valor razonable es mayor que cero.	
	Tesorería	16.565
	Derivado contratado con entidad AAA	(16.565)
	Derivado negociado con la entidad AAA. No existe una pérdida al recibir una contraprestación monetaria equivalente al valor razonable del contrato.	
10.5.20X1	Tesorería	5.000
	Derivado contratado con el cliente	(5.000)
	Liquidación con el cliente: 15.000 − 10.000 = 5.000 *Cobro: 250.000 × 6% = 15.000* *Pago: 250.000 × 4% × 365/360 = 10.000*	

(*continúa*)

(*continuación*)

	Derivado contratado con entidad AAA	5.000
	Tesorería	(5.000)
	Liquidación con la entidad AAA: 10.000 − 15.000 = −5.000 *Cobro: 250.000 × 4% × 365/360 = 10.000* *Pago: 250.000 × 6% = 15.000*	
	Resultados: Variación del valor razonable	2.611
	Derivado contratado con cliente	(2.611)
	Valoración a su valor razonable de la permuta negociada con el cliente: *8.954 − (16.656 − 5.000) = −2.611*	
	Derivado contratado con entidad AAA	2.611
	Resultados: Variación del valor razonable	(2.611)
	Valoración a su valor razonable de la permuta negociada con la entidad AAA: *(16.656 − 5.000) − 8.954 = 2.611*	

Los cobros y pagos obtenidos con estos derivados han sido:

Fecha	Derivado con el cliente Cobros (Pagos)	Derivado con la entidad AAA Cobros (Pagos)
10.5.20X0	0	16.565
10.5.20X1	5.000	(5.000)
Total	5.000	11.565

El resultado obtenido ha sido de 16.565 € (5.000 + 11.565), que se ha distribuido de la siguiente forma en la cuenta de resultados:

Ganancias (Pérdidas)	10.5.20X0	10.5.20X1	Total
Variación del valor razonable del derivado con el cliente	16.565	(2.611)	13.954
Variación del valor razonable del derivado con la entidad AAA	0	2.611	2.611
Total	16.565	0	16.565

Comprobamos que, al valorar el elemento cubierto (derivado con el cliente) y el elemento de cobertura (derivado con la entidad AAA) a valor razonable con cambios en la cuenta de resultados, las variaciones del valor razonable del elemento cubierto y del elemento de cobertura se recogen directamente en la cuenta de resultados, sin ser preciso aplicar una contabilidad de coberturas para reflejar adecuadamente los efectos de la cobertura en los estados financieros.

Caso práctico 17. Adquisición de un *credit default swap* (CDS)

Una entidad (comprador de protección) adquiere un CDS a dos años de plazo a una entidad financiera (vendedor de protección), siendo los pagos trimestrales y la tasa de recuperación estimada $R = 45\%$. Las características del CDS son las siguientes:

Entidad de referencia: Manufactureras FFF.

Obligaciones de referencia: todos los bonos emitidos por Manufactureras FFF.

Eventos: quiebra, incumplimiento de intereses o principal, reestructuración unilateral de la deuda.

Nocional: 10.000.000 $.

Liquidación en el supuesto de que se realiza el evento de crédito: entrega de los bonos (nominal 10.000.000 $) por el comprador de protección y pago de 10.000.000 $ por el vendedor de protección.

Las probabilidades de supervivencia y tipos de interés cupón cero se recogen en la tabla siguiente:

01.04.06	z	$G(0, i)$	$Q(0, i)$	$Q(0, i-1) - Q(0, i)$	δ_i
01.07.06	3,50%	0,991460	0,996267	0,003733	91,00
01.10.06	3,60%	0,982424	0,992508	0,003760	92,00
01.01.07	3,65%	0,973351	0,988762	0,003745	92,00
01.04.07	3,69%	0,964413	0,985112	0,003650	90,00
01.07.07	3,72%	0,955394	0,981435	0,003677	91,00
01.10.07	3,75%	0,946228	0,977731	0,003704	92,00
01.01.08	3,77%	0,937172	0,974041	0,003690	92,00
01.04.08	3,78%	0,928386	0,970406	0,003636	91,00

a) Calcule la prima del CDS.

b) Registro contable de la entidad adquirente en la fecha de la adquisición, suponiendo que se paga la prima calculada en el punto anterior.

Solución:

a) El modelo de valoración se resume en la siguiente tabla:

$G(0, i) \cdot Q(0, i-1) \cdot d_i$	$G(0, i) \cdot (Q(0, i-1) - Q(0, i))$
0,25062	0,00370
0,25013	0,00369
0,24688	0,00365
0,23839	0,00352
0,23791	0,00351
0,23732	0,00350
0,23417	0,00346
0,22858	0,00338
1,92400	**0,02841**

La prima del CDS pagada sería:

$$s = (1 - R)\frac{\sum_{i=1}^{n} G(0, T_i)(Q(0, T_{i-1}) - Q(0, T_i))}{\sum_{i=1}^{n} G(0, T_i)\delta_i Q(0, T_{i-1})} =$$

$$= (1 - 0{,}45)\frac{0{,}02841}{1{,}92400} = 0{,}0081 = 0{,}81\% = 81 \text{ pb}$$

b) Suponiendo que las convenciones utilizadas son las convenciones de los *swaps* (días exactos 92/360):

$$(81/10.000) \times (92/360) \times 10.000.000 = 20.700$$

Bajo estas hipótesis, el *spread* que paga el comprador de protección al vendedor de protección es de 20.700 $.

El registro contable de la entidad compradora de protección es:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
Fecha inicial	Prima pagada por el CDS	20.700
	Tesorería	(20.700)
	Pago de la prima a la entidad financiera	

Se ha pagado una prima de 20.700 $. En fechas posteriores se volverá a calcular la prima (su cotización si existe, o estimación en caso contrario). Si en una fecha posterior la prima, por ejemplo, es:

a) 100 puntos básicos. La entidad compradora de protección tendría un beneficio ya que ha pagado solo 81 puntos básicos por el contrato. La entidad financiera tendría una pérdida.

b) 70 puntos básicos. La entidad compradora de protección tendría una pérdida ya que ha pagado por el contrato 81 puntos básicos. La entidad financiera tendría un beneficio.

Caso práctico 18. Valoración y contabilidad de opciones de venta estándar europeas emitidas

La entidad financiera AAA emite opciones de venta estándar europeas sobre acciones de la empresa XXX. El precio de ejercicio es $E = 30$ €, el plazo 180 días y la prima $P = 1{,}5$ €, que se considera el valor razonable de la opción. El número de opciones emitidas es $N = 100.000$ opciones, cada una sobre una acción.

a) Transcurridos 60 días la entidad AAA valora las opciones mediante el modelo de Black-Scholes. Los datos que la entidad financiera AAA utiliza son: precio de la acción $S = 28$ €, tipo de interés continuo a 120 días $r = 4\%$, tasa estimada de dividendos $q = 2\%$, volatilidad estimada 24%. Obtenga el valor razonable de la cartera de opciones.

b) Faltando 90 días para el vencimiento la entidad decide cubrirse, para lo cual compra al banco BBB 100.000 opciones de venta estándar europeas sobre la acción de la empresa XXX, con igual precio de ejercicio y vencimiento que las opciones emitidas. El precio negociado entre las dos entidades es $P = 1{,}74$ € por opción, que se considera una estimación adecuada del valor razonable.

c) En el vencimiento el subyacente cierra con el precio $S_T = 26$ €. Valore las opciones que la entidad AAA tiene en cartera.

d) Contabilice las opciones en los libros de la entidad financiera AAA.

Solución:

a) El valor[3] de las opciones en el momento de la emisión es:

$$VR = -N \times P = -100.000 \times 1{,}5 = -150.000 \text{ €}$$

El precio de la opción de venta estándar europea transcurridos 60 días, según el modelo de valoración de opciones de Black-Scholes, es:

$$P = Ee^{-rT}N(-d_2) - Se^{-qT}N(-d_1)$$

$$d_1 = \frac{\ln(S/E) + (r - q + 0{,}5\sigma^2)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

[3] En este caso utilizamos el criterio de un signo menos para las opciones emitidas que son un pasivo. En general las posiciones largas son positivas y las posiciones cortas son negativas.

$$d_1 = \frac{\ln(S/E) + (r - q + 0{,}5\sigma^2)T}{\sigma\sqrt{T}} =$$

$$= \frac{\ln(28/30) + (0{,}04 - 0{,}02 + 0{,}5 \times 0{,}24^2) \times (120/365)}{0{,}24\sqrt{120/365}} = -0{,}38477$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T} = -0{,}38477 - 0{,}24 \times \sqrt{120/365} = -0{,}52238$$

$$P = Ee^{-rT}N(-d_2) - Se^{-qT}N(-d_1) =$$

$$= 30 \times e^{-0{,}04 \times (120/365)}N(0{,}52238) - 28 \times e^{-0{,}02 \times (120/365)}N(0{,}38477) = 2{,}630$$

El valor razonable de las opciones es:

$$VR = -N \times P = -100.000 \times 2{,}630 = -263.000 \text{ €}$$

b) El valor razonable de las opciones vendidas es:

$$VR = -N \times P = -100.000 \times 1{,}74 = -174.000$$

El valor razonable de las opciones compradas es:

$$VR = +N \times P = +100.000 \times 1{,}74 = +174.000$$

c) El valor razonable de las opciones vendidas es:

$$VR = -N \times \text{Máx}\,(E - S_T,\ 0) = -100.000 \times \text{Máx}\,(30 - 26,\ 0) = -400.000 \text{ €}$$

El valor razonable de las opciones compradas es:

$$VR = +N \times \text{Máx}\,(E - S_T,\ 0) = +100.000 \times \text{Máx}\,(30 - 26,\ 0) = +400.000 \text{ €}$$

d) El registro contable será:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
Fecha de compra	Tesorería	150.000
	Opciones de venta emitidas	(150.000)
	Por la emisión de las opciones	
Pasados 60 días desde la compra	Resultados financieros	113.000
	Opciones de venta emitidas	(113.000)
	Por el cambio del valor razonable de las opciones: 263.000 – 150.000	

(*continúa*)

(*continuación*)

Faltando 90 días para el vencimiento	Opciones de venta emitidas	89.000
	Resultados financieros	(89.000)
	Por el cambio del valor razonable de las opciones: 174.000 – 263.000	
	Opciones de venta compradas	174.000
	Tesorería	(174.000)
	Por la compra de las opciones como operación de cobertura	
Fecha de vencimiento	Resultados financieros	226.000
	Opciones de venta emitidas	(226.000)
	Valoración de las opciones emitidas a su valor razonable: 400.000 – 174.000	
	Opciones de venta compradas	226.000
	Resultados financieros	(226.000)
	Valoración de las opciones compradas a su valor razonable	
	Opciones de venta emitidas	400.000
	Tesorería	(400.000)
	Liquidación de las opciones emitidas	
	Tesorería	400.000
	Opciones de venta compradas	(400.000)
	Liquidación de las opciones compradas	

No ha sido preciso utilizar una contabilidad de coberturas para que los estados financieros reflejen adecuadamente los efectos de la cobertura realizada por la entidad AAA, debido a que el elemento cubierto, las opciones emitidas, y el elemento de cobertura, las opciones compradas, se valoran de igual forma: a valor razonable con cambios en resultados.

Caso práctico 19. Valoración y contabilidad de opciones de compra estándar europeas compradas

La entidad financiera AAA compra opciones de compra estándar europeas sobre acciones de la empresa XXX. El precio de ejercicio es $E = 40$ €, el plazo 180 días y la prima $P = 2{,}5$ €, que se considera el valor razonable de la opción. El número de opciones compradas es $N = 100.000$ opciones, cada una sobre una acción.

a) Transcurridos 60 días la entidad AAA valora las opciones mediante el modelo de Black-Scholes. Los datos que la entidad financiera AAA utiliza son: precio de la acción $S = 38$ €, tipo de interés a 120 días $r = 4\%$, tasa estimada de dividendos $q = 2\%$, volatilidad estimada 30%. Obtenga el valor razonable de la cartera de opciones.

b) Faltando 90 días para el vencimiento la entidad decide cubrirse, para lo cual vende al banco BBB 100.000 opciones de compra estándar europeas sobre la acción de la empresa XXX, con igual precio de ejercicio y vencimiento que las opciones emitidas. El precio negociado entre las dos entidades es $C = 1{,}25$ € por opción, que se considera una estimación adecuada del valor razonable.

c) En el vencimiento el subyacente cierra con el precio $S_T = 36$ €. Valore las opciones que la entidad AAA tiene en cartera.

d) Contabilice estas operaciones en los libros de la entidad AAA.

Solución:

a) El valor[4] de las opciones en el momento inicial es

$$VR = +N \times C = +100.000 \times 2{,}5 = 250.000 \text{ €}$$

El precio de la opción de compra estándar europea según el modelo de valoración de opciones de Black-Scholes, transcurridos 60 días, es:

$$C = Se^{-qT}N(d_1) - Ee^{-rT}N(d_2)$$

$$d_1 = \frac{\ln(S/E) + (r - q + 0{,}5\sigma^2)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

[4] Utilizamos el criterio de un signo más para las opciones compradas que son un activo. En general las posiciones largas son positivas y las posiciones cortas son negativas.

$$d_1 = \frac{\ln(S/E) + (r - q + 0{,}5\sigma^2)T}{\sigma\sqrt{T}} =$$

$$= \frac{\ln(38/40) + (0{,}04 - 0{,}02 + 0{,}5 \times 0{,}30^2) \times (120/365)}{0{,}30\sqrt{120/365}} = -0{,}17396$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T} = -0{,}17396 - 0{,}30 \times \sqrt{120/365} = -0{,}34597$$

$$C = Se^{-qT}N(d_1) - Ee^{-rT}N(d_2) =$$

$$= 38 \times e^{-0{,}02 \times (120/365)}N(-0{,}17396) - 40 \times e^{-0{,}04 \times (120/365)}N(-0{,}34597) =$$
$$= 1{,}872$$

El valor razonable de las opciones es:

$$VR = +N \times C = +100.000 \times 1{,}872 = +187.200 \text{ €}$$

b) El valor razonable de las opciones vendidas es:

$$VR = -N \times C = -100.000 \times 1{,}25 = -125.000$$

El valor razonable de las opciones compradas es:

$$VR = +N \times C = +100.000 \times 1{,}25 = +125.000$$

c) El valor razonable de las opciones vendidas es:

$$VR = -N \times \text{Máx}(S_T - E, 0) = -100.000 \times \text{Máx}(36 - 40, 0) = 0$$

El valor razonable de las opciones compradas es:

$$VR = +N \times \text{Máx}(S_T - E, 0) = +100.000 \times \text{Máx}(36 - 40, 0) = 0$$

d) El registro contable será:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
Fecha de compra	Opciones de compra comprada	250.000
	Tesorería	(250.000)
	Por la compra de las opciones	
Pasados 60 días desde la compra	Resultados financieros	62.800
	Opciones de compra comprada	(62.800)
	Por el cambio de valor razonable de las opciones: 187.200 – 250.000	

(continúa)

(*continuación*)

Faltando 90 días para el vencimiento	Resultados financieros	(62.200)
	Opciones de compra comprada	62.200
	Por el cambio de valor razonable de las opciones: 125.000 – 187.200	
	Tesorería	125.000
	Opciones de compra vendidas	(125.000)
	Venta de las opciones como operación de cobertura	
Fecha de vencimiento	Resultados financieros	125.000
	Opciones de compra comprada	(125.000)
	Liquidación de las opciones compradas a su valor razonable	
	Opciones de compra vendidas	125.000
	Resultados financieros	(125.000)
	Liquidación de las opciones vendidas a su valor razonable	

En este caso, como el elemento cubierto, las opciones de compra compradas, y el elemento de cobertura, las opciones de compra vendidas, se valoran de igual forma, a valor razonable con cambios en resultados, no ha sido preciso utilizar una contabilidad de coberturas para que los estados financieros reflejen adecuadamente los efectos de la cobertura realizada por la entidad AAA.

Caso práctico 20. Opciones de compra compradas y vendidas que no forman parte de una cobertura

Una opción de compra (*call*) sobre acciones de la empresa BBB, cuyo precio de ejercicio es 30 € y la fecha de ejercicio el 31.5.20X7, no cotiza en ningún mercado organizado. El nocional es N = 30.000 acciones.

a) Registros contables de un comprador que compra las opciones el 28.2.20X7 y del vendedor de las opciones. La prima pagada por el comprador al vendedor es su valor razonable, que es 43.862 €.

b) Registros contables del comprador y el vendedor el 31.3.20X7. El precio de cierre de la acción es 32,57 €. El comprador utiliza la siguiente información: Precio de la acción: precio de cierre; tipo de interés al plazo residual, 3,50%; tasa de dividendos estimada, 2%; volatilidad estimada anualizada, 20%. El vendedor utiliza la siguiente información: Precio de la acción: precio de cierre; tipo de interés al plazo residual, 3,52%; tasa de dividendos estimada, 1,5%; volatilidad estimada anualizada, 18%.

c) Registros contables del comprador y el vendedor el 31.5.20X7 suponiendo que el precio de cierre del subyacente, con el que se liquida la opción, es 35 €.

Solución:

a) Los registros contables serían:

Fecha	Comprador de opciones	Cargo (abono)	Vendedor de opciones	Cargo (abono)
28.2.20X7	Derivado	43.682	Tesorería	43.682
	Tesorería	(43.682)	Derivado	(43.682)
	Prima pagada		*Prima cobrada*	

b) Valor razonable comprador:

$$C = Se^{-qT}N(d_1) - Ee^{-rT}N(d_2)$$

$$d_1 = \frac{\ln\dfrac{32,57}{30} + (0,035 - 0,02 + 0,20^2/2) \times \dfrac{61}{365}}{0,20\sqrt{\dfrac{61}{365}}} = 1,07683$$

$$d_2 = 1{,}07683 - 0{,}20\sqrt{\frac{61}{365}} = 0{,}99507$$

$$N(1{,}07683) - 0{,}85922 \qquad N(0{,}99507) = 0{,}84015$$

$$C = 32{,}57 \times e^{-0{,}02 \times 61/365} \times 0{,}85922 - 30 \times e^{-0{,}035 \times 61/365} \times 0{,}84015 =$$
$$= 2{,}83402$$

$$VR = N \times C = 30.000 \times 2{,}83402 = 85.020{,}51 \text{ €}$$

Valor razonable vendedor:

$$C = Se^{-qT}N(d_1) - Ee^{-rT}N(d_2)$$

$$d_1 = \frac{\ln\dfrac{32{,}57}{30} + (0{,}0352 - 0{,}015 + 0{,}18^2/2) \times \dfrac{61}{365}}{0{,}18\sqrt{\dfrac{61}{365}}} = 1{,}19966$$

$$d_2 = 1{,}19966 - 0{,}18\sqrt{\frac{61}{365}} = 1{,}12608$$

$$N(1{,}19966) = 0{,}88486 \qquad N(1{,}12608) = 0{,}86993$$

$$C = 32{,}57 \times e^{-0{,}015 \times 61/365} \times 0{,}88486 - 30 \times e^{-0{,}0352 \times 61/365} \times 0{,}86993 =$$
$$= 2{,}80296$$

$$VR = N \times C = 30.000 \times 2{,}83402 = 84.088{,}75 \text{ €}$$

Fecha	Comprador de opciones	Cargo (abono)	Vendedor de opciones	Cargo (abono)
31.3.20X7	Derivado	41.158,51	Resultados: Variación del valor razonable	40.226,75
	Resultados: Variación del valor razonable	(41.158,51)	Derivado	(40.226,75)
	Variación del valor razonable: 85.020,51 – 43.682		*Variación del valor razonable: 84.088,75 – 43.682*	

c) Valor razonable comprador:

$$VR = 30.000 \times \text{Máx}\,(35 - 30,\ 0) = 15.000 \text{ €}$$

Valor razonable vendedor:

$$VR = -30.000 \times \text{Máx}\,(35 - 30,\ 0) = -150.000 \text{ €}$$

Fecha	Comprador de opciones	Cargo (abono)	Vendedor de opciones	Cargo (abono)
31.3.20X7	Derivado	64.979,49	Resultados: Variación del valor razonable	65.911,25
	Resultados: Variación del valor razonable	(64.979,49)	Derivado	(65.911,25)
	Variación del valor razonable: 150.000 – 85.020,51		*Variación del valor razonable: 150.000 – 84.088,75*	
	Tesorería	150.000	Derivado	150.000
	Derivado	(150.000)	Tesorería	(150.000)
	Liquidación del derivado tras el ejercicio de la opción		*Liquidación del derivado tras el ejercicio de la opción*	

El comprador ha obtenido una ganancia de 106.318 €, consecuencia de haber cobrado 150.000 € en la liquidación y haber abonado 43.682 € por la adquisición. El vendedor ha tenido una pérdida de 106.318 €, consecuencia de un pago de 150.000 € y de un cobro de 43.682 €.

Caso práctico 21. Opción *call* comprada (vendida) sobre acciones propias

La entidad XYZ compra a una entidad de crédito ABC una opción de compra estándar europea sobre sus propias acciones, teniendo la opción las siguientes características:

— Fecha de contrato: 1.12.20X7.

— Fecha de ejercicio: 2.1.20X8.

— Nocional: 3.000 acciones.

— Precio de ejercicio: 62 €/acción.

Se tiene la siguiente información adicional:

— Cotización de las acciones de la entidad XYZ el 1.12.20X: 61 €/acción.

— Cotización el 31.12.20X7: 65 €/acción.

— Cotización el 2.1.20X8: 65,20 €/acción.

— Tipo de interés cupón cero el 1.12.20X7, 3%, para el período entre la fecha anterior y el vencimiento de la opción.

— Tasa de dividendos estimada, anualizada, el 1.12.20X7, 1%, para el período entre la fecha anterior y el vencimiento de la opción.

— Volatilidad estimada, anualizada, el 1.12.20X7, 19%, para el período entre la fecha anterior y el vencimiento de la opción.

— Tipo de interés cupón cero el 31.12.20X7, 3,25%, para el período entre la fecha anterior y el vencimiento de la opción.

— Tasa de dividendos estimada, anualizada, el 1.12.20X7, 0%, para el período entre la fecha anterior y el vencimiento de la opción.

— Volatilidad estimada, anualizada, el 1.12.20X7, 22%, para el período entre la fecha anterior y el vencimiento de la opción.

a) Para la entidad XYZ, valores razonables de las opciones en las fechas: 1.12.20X7, 31.12.20X7 y 2.1.20X8.

b) Registros contables de la entidad XYZ, suponiendo, en primer lugar, que el contrato se liquidará en efectivo y, en segundo lugar, con entrega de las acciones.

c) Registros contables de la entidad XYZ, suponiendo que en lugar de comprar una opción de compra vende esta.

Solución:

a) El valor razonable se obtiene en las fechas 1.12.20X7 y 31.12.20X7 mediante un modelo de valoración; el 31.12.20X8 es el valor de la liquidación de la opción.

Valor razonable el 1.12.20X7:

El precio de la opción de compra mediante el modelo de Black-Scholes es:

$$C = Se^{-qT}N(d_1) - Ee^{-rT}N(d_2)$$

$$d_1 = \frac{\ln\frac{61}{62} + (0{,}03 - 0{,}01 + 0{,}19^2/2) \times \frac{32}{365}}{0{,}19\sqrt{\frac{32}{365}}} = -0{,}22974$$

$$d_2 = -0{,}22974 - 0{,}19\sqrt{\frac{32}{365}} = -0{,}28600$$

$$N(-0{,}22974) = 0{,}40915 \qquad N(-0{,}28600) = 0{,}38744$$

$$C = 61 \times e^{-0{,}01 \times 32/365} \times 0{,}40915 - 62 \times e^{-0{,}03 \times 32/365} \times 0{,}38744 = 0{,}97791$$

$$VR = N \times C = 3.000 \times 0{,}97791 = 2.933{,}73\ €$$

Valor razonable el 31.12.20X7:

El precio de la opción de compra mediante el modelo de Black-Scholes es:

$$C = Se^{-qT}N(d_1) - Ee^{-rT}N(d_2)$$

$$d_1 = \frac{\ln\frac{65}{62} + (0{,}0325 + 0{,}22^2/2) \times \frac{2}{365}}{0{,}22\sqrt{\frac{2}{365}}} = 2{,}92067$$

$$d_2 = 2{,}92067 - 0{,}22\sqrt{\frac{2}{365}} = 2{,}90439$$

$$N(2{,}92067) = 0{,}99825 \qquad N(2{,}90439) = 0{,}99816$$

$$C = 65 \times e^0 \times 0{,}99825 - 62 \times e^{-0{,}0325 \times 2/365} \times 0{,}99816 = 3{,}01158$$

$$VR = N \times C = 3.000 \times 3{,}01158 = 9.034{,}73\ €$$

Valor razonable el 02.01.20X8:

La liquidación de la opción de compra estándar sobre una acción es:

$$L_T = \text{Máx}\,(65{,}20 - 62,\ 0) = 3{,}20$$

El valor razonable del contrato es $VR = 3.000 \times 3{,}20 = 9.600$ €

b) El registro contable de la entidad XYZ es el siguiente:

Suponemos, en primer lugar, que el contrato se liquida en efectivo por diferencias. En este caso la entidad XYZ puede exigir a la entidad de crédito ABC un cobro por el incremento en el valor razonable de la opción.

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
1.12.20X7	Opción de compra comprada	2.933,73
	Tesorería	(2.933,73)
	Pago de la prima a la entidad de crédito, el valor razonable de la opción	
31.12.20X7	Opción de compra comprada	6.101
	S Resultados: Variación del valor razonable	(6.101)
	Por el incremento en el valor razonable del derivado, recogido en la cuenta de resultados: 9.034,73 − 2.933,73	
2.1.20X8	Opción de compra comprada	565,27
	Resultados: Variación del valor razonable	(565,27)
	Por el incremento del valor razonable: 9.600 − 9.034,73	
	Tesorería	9.600
	Opción de compra comprada	(9.600)
	Por la liquidación del contrato, anulando el activo, en el supuesto de que se liquida en efectivo	

Suponemos, en segundo lugar, que el contrato se liquida por diferencias con la entrega de acciones. En este caso la entidad XYZ podrá recibir acciones propias el 2.1.20X8, con un valor razonable igual a la diferencia entre el valor razonable de sus acciones el 2.1.20X8 y el precio establecido en el derivado para la compra. Los registros contables serán idénticos a los anteriores, excepto el 2.1.20X8 que la entidad hará:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
2.1.20X8	Opción de compra comprada	565,27
	Resultados: Variación del valor razonable	(565,27)
	Por el incremento del valor razonable	
	Acciones propias	9.600
	Opción de compra comprada	(9.600)
	Por la liquidación del contrato, anulando el activo. Estas acciones propias se recogerán en el balance como una reducción del patrimonio neto.	

Suponemos, en tercer lugar, que el contrato se liquida en con la entrega total de las acciones al precio establecido. En este caso la entidad XYZ firma un contrato con una entidad de crédito, según el cual podrá recibir 3.000 acciones propias pagando a la entidad de crédito 62 € por cada acción. En este caso el derivado es un instrumento de patrimonio neto y no un activo como en los casos anteriores.

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
1.12.20X7	Patrimonio neto: Opción de compra comprada	2.933,73
	Tesorería	(2.933,73)
	Pago de la prima a la entidad de crédito	
2.1.20X8	Patrimonio neto: Acciones propias	186.000
	Tesorería	(186.000)
	Compra de las 3.000 opciones al precio establecido en el contrato de 62 €/acción: 3.000 × 62	
	Patrimonio neto: Acciones propias	2.933,73
	Patrimonio neto: Opción de compra comprada	(2.933,73)
	Reclasificación del pago inicial realizado	

Si la opción no se hubiese ejercitado porque el precio de mercado de las acciones fuese inferior a 62 €, siguiendo la normativa contable la prima inicial permanecería en el patrimonio neto y no iría a la cuenta de resultados, aunque económicamente es una pérdida en la compra de acciones propias. No hay que registrar ningún pasivo por la compra futura de las acciones propias, ya que aquel no existe, al no estar la entidad obligada a ejercitar su derecho incluso cuando el precio de mercado de las acciones sea superior al precio de ejercicio establecido en la opción.

c) El registro contable en el caso de venta de la opción sería el siguiente.

Suponemos, en primer lugar, que el contrato se liquida en efectivo por diferencias. En este caso la entidad de crédito ABC puede exigir a la entidad XYZ un cobro por el incremento en el valor razonable de la opción.

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
1.12.20X7	Tesorería	2.933,73
	Opción de compra vendida	(2.933,73)
	Cobro de la prima, prima que es el valor razonable de la opción.	

(*continúa*)

(*continuación*)

31.12.20X7	Resultados: Variación del valor razonable	6.101
	Opción de compra vendida	(6.101)
	Incremento en el valor razonable del derivado, recogido en la cuenta de resultados: 9.034,73 – 2.933,73	
2.1.20X8	Resultados: Variación del valor razonable	565,27
	Opción de compra vendida	(565,27)
	Incremento del valor razonable: 9.600 – 9.034,73	
	Opción de compra vendida	9.600
	Tesorería	(9.600)
	Liquidación del contrato, anulando el pasivo, en el supuesto de que se liquida en efectivo.	

Suponemos, en segundo lugar, que el contrato se liquida por diferencias con la entrega de acciones. En este caso la entidad XYZ podría tener que entregar acciones propias el 2.1.20X8, con un valor razonable igual a la diferencia entre el valor razonable de sus acciones el 2.1.20X8 y el precio establecido en el derivado. Los registros contables serán idénticos a los anteriores, excepto el 2.1.20X8 que la entidad hará:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
2.1.20X8	Resultados: Variación del valor razonable	565,27
	Opción de compra vendida	(565,27)
	Incremento del valor razonable	
	Opción de compra vendida	9.600
	Acciones propias	(9.600)
	Liquidación del contrato, anulando el pasivo	

Suponemos, en tercer lugar, que el contrato se liquida con la entrega total de las acciones al precio establecido. En este caso la normativa contable establece que el derivado no es un pasivo, sino un instrumento de patrimonio neto, y únicamente se deben registrar los flujos de caja derivados del contrato.

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
1.12.20X7	Tesorería	2.933,73
	Patrimonio neto: Opción de compra vendida	(2.933,73)
	Cobro de la prima	

(*continúa*)

(*continuación*)

2.1.20X8	Tesorería	186.000
	Patrimonio neto: Acciones propias	(186.000)
	Venta de las 3.000 opciones al precio establecido en el contrato de 62 €/acción: 3.000 × 62	
	Patrimonio neto: Opción de compra vendida	2.933,73
	Patrimonio neto: Acciones propias	(2.933,73)
	Reclasificación del cobro inicial realizado	

Si la opción no se hubiese ejercitado porque el precio de mercado de las acciones fuese inferior a 62 €, siguiendo la normativa contable la prima inicial permanecería en el patrimonio neto y no iría a la cuenta de resultados, aunque económicamente sea un beneficio en la venta de acciones propias.

Caso práctico 22. Opción *put* comprada (vendida) sobre acciones propias

La entidad XYZ compra a la entidad de crédito ABC una opción de venta estándar europea sobre sus propias acciones, teniendo la opción las siguientes características:

- Fecha de contrato: 1.12.20X7.
- Fecha de ejercicio: 2.1.20X8.
- Nocional: 3.000 acciones.
- Precio de ejercicio: 62 €/acción.

Se tiene la siguiente información adicional:

- Cotización de las acciones de la entidad XYZ el 1.12.20X7: 61 €/acción.
- Cotización de las acciones el 31.12.20X7: 65 €/acción.
- Cotización de las acciones 2.1.20X8: 65,20 €/acción.
- Tipo de interés cupón cero el 1.12.20X7, 3%, para el período entre la fecha anterior y el vencimiento de la opción.
- Tasa de dividendos estimada, anualizada, el 1.12.20X7, 1%, para el período entre la fecha anterior y el vencimiento de la opción.
- Volatilidad estimada, anualizada, el 1.12.20X7, 19%, para el período entre la fecha anterior y el vencimiento de la opción.
- Tipo de interés cupón cero el 31.12.20X7, 3,25%, para el período entre la fecha anterior y el vencimiento de la opción.
- Tasa de dividendos estimada, anualizada, el 1.12.20X7, 0%, para el período entre la fecha anterior y el vencimiento de la opción.
- Volatilidad estimada, anualizada, el 1.12.20X7, 22%, para el período entre la fecha anterior y el vencimiento de la opción.

a) Para la entidad XYZ, valores razonables de las opciones en las fechas: 1.12.20X7, 31.12.20X7 y 2.1.20X8.

b) Registros contables de la entidad XYZ, suponiendo, en primer lugar, que el contrato se liquidará en efectivo y, en segundo lugar, con entrega de las acciones.

c) Registros contables de la entidad XYZ, suponiendo que en lugar de comprar una opción de compra vende dicha opción.

Solución:

a) El valor razonable se obtiene en las fechas 1.12.20X7 y 31.12.20X7 mediante un modelo de valoración y el 31.12.20X8 es el valor de la liquidación de la opción.

Valor razonable el 1.12.20X7:

El precio de la opción de venta mediante el modelo de Black-Scholes es:

$$P = -Se^{-qT}N(-d_1) + Ee^{-rT}N(-d_2)$$

$$d_1 = \frac{\ln\frac{61}{62} + (0{,}03 - 0{,}01 + 0{,}19^2/2) \times \frac{32}{365}}{0{,}19\sqrt{\frac{32}{365}}} = -0{,}22974$$

$$d_2 = -0{,}22974 - 0{,}19\sqrt{\frac{32}{365}} = -0{,}28600$$

$$N(0{,}22974) = 0{,}59085 \qquad N(0{,}28600) = 0{,}61256$$

$$C = -61 \times e^{-0{,}01 \times 32/365} \times 0{,}59085 + 62 \times e^{-0{,}03 \times 32/365} \times 0{,}61256 = 1{,}86851$$

$$VR = N \times C = 3.000 \times 1{,}86851 = 5.605{,}54 \text{ €}$$

Valor razonable el 31.12.20X7:

El precio de la opción de venta mediante el modelo de Black-Scholes es:

$$P = -Se^{-qT}N(-d_1) + Ee^{-rT}N(-d_2)$$

$$d_1 = \frac{\ln\frac{65}{62} + (0{,}0325 + 0{,}22^2/2) \times \frac{2}{365}}{0{,}22\sqrt{\frac{2}{365}}} = 2{,}92067$$

$$d_2 = 2{,}92067 - 0{,}22\sqrt{\frac{2}{365}} = 2{,}90439$$

$$N(-2{,}92067) = 0{,}00175 \qquad N(-2{,}90439) = 0{,}00184$$

$$P = -65 \times e^{0} \times 0{,}00175 + 62 \times e^{-0{,}0325 \times 2/365} \times 0{,}00184 = 0{,}00054$$

$$VR = N \times C = 3.000 \times 0{,}00054 = 1{,}61 \text{ €}$$

Valor razonable el 02.01.20X8:

La liquidación de la opción de venta sobre una acción es:

$$L_T = \text{Máx}\,(62 - 65,\ 20,\ 0) = 0$$

El valor razonable del contrato es $VR = 3.000 \times 0 = 0$ €.

b) El registro contable de la entidad XYZ es el siguiente.

Suponemos, en primer lugar, que el contrato se liquida por diferencias.

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
1.12.20X7	Opción de venta comprada	5.605,54
	Tesorería	(5.605,54)
	Pago de la prima a la entidad de crédito, prima que es el valor razonable de la opción.	
31.12.20X7	Resultados: Variación del valor razonable	5.603,93
	Opción de venta comprada	(5.603,93)
	Valoración del derivado a su valor razonable: 1,61 – 5.605,54	
2.1.20X8	Resultados: Variación del valor razonable	1,61
	Opción de venta comprada	(1,61)
	Valoración del derivado a su valor razonable: 0 – 1,61	

Al no ejercerse la opción el 2.1.20X8, la contabilidad coincide con independencia de que el contrato se liquide por diferencias en efectivo o por diferencias en acciones. En ambos casos el derivado se ha registrado como un activo a su valor razonable, recogiendo las variaciones en la cuenta de resultados.

Suponemos, en segundo lugar, que el contrato se liquida con la entrega total de las acciones al precio establecido. En este caso la entidad XYZ firma un contrato con una entidad de crédito, según el cual podrá vender 3.000 acciones propias a la entidad de crédito por 62 € por cada acción. En este caso el derivado es un instrumento de patrimonio neto y no un activo como en los casos anteriores, y únicamente deben registrarse los flujos de caja que surgen del contrato.

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
1.12.20X7	Patrimonio neto: acciones propias	5.605,54
	Tesorería	(5.605,54)
	Pago de la prima a la entidad de crédito	
2.1.20X8	Patrimonio neto: Acciones propias	5.605,54
	Patrimonio neto: Opción de compra comprada	(5.605,54)
	Reclasificación del pago inicial realizado	

La opción no se ejerce porque el precio de mercado de las acciones es superior a 62 €; siguiendo la normativa contable, la prima inicial permanecería en el patrimonio neto y no iría a la cuenta de resultados, aunque económicamente sea una pérdida en la compra de acciones propias. Si la opción se hubiese ejercido, se reconocería el importe pagado y las acciones propias recibidas.

c) El registro contable en el caso de venta de la opción sería el siguiente.

Suponemos, en primer lugar, que el contrato se liquida por diferencias.

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
1.12.20X7	Tesorería	5.605,54
	Opción de venta vendida	(5.605,54)
	Pago de la prima a la entidad de crédito, prima que es el valor razonable de la opción.	
31.12.20X7	Opción de venta vendida	5.603,93
	Resultados: Variación del valor razonable	(5.603,93)
	Valoración del derivado a su valor razonable: 1,61 – 5.605,54	
2.1.20X8	Opción de venta vendida	1,61
	Resultados: Variación del valor razonable	(1,61)
	Valoración del derivado a su valor razonable: 0 – 1,61	

Al no ejercerse la opción el 2.1.20X8, la contabilidad coincide con independencia de que el contrato se liquide por diferencias en efectivo o por diferencias en acciones. En ambos casos el derivado se ha registrado como un pasivo a su valor razonable, recogiendo las variaciones en la cuenta de resultados.

Suponemos, en segundo lugar, que el contrato se liquida con la entrega total de las acciones al precio establecido. En este caso la entidad XYZ firma un contrato con una entidad de crédito, según el cual la entidad de crédito podrá exigir que la entidad XYZ le compre 3.000 acciones a 62 € por cada acción. En este caso la normativa contable establece que el derivado es un instrumento de patrimonio neto, además de surgir un pasivo que se valora a coste amortizado.

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
1.12.20X7	Tesorería	5.605,54
	Patrimonio neto: acciones propias	177.394,46
	Deuda con entidad de crédito	(183.000)
	Cobro de la prima a la entidad de crédito. La entidad de crédito puede exigir la entrega de 3.000 acciones a un precio de 186.000 (3.000 × 62). El valor actualizado de la deuda hoy es 183.000 (3.000 × 61)	
31.12.20X7	Resultados financieros	3.000
	Deuda con entidad de crédito	(3.000)
	Valoración del pasivo a coste amortizado	
2.1.20X8	Deuda con entidades de crédito	186.000
	Patrimonio neto: acciones propias	(177.394,46)
	Patrimonio neto	(8.605,54)
	Anulación de la deuda por no ejercitarse la opción	

La opción no se ejerce porque el precio de mercado de las acciones es superior a 62 €; siguiendo la normativa contable, la prima inicial permanecería en el patrimonio neto y no iría a la cuenta de resultados, aunque económicamente sea un beneficio ya que ha recibido un importe en efectivo por el que no ha tenido que entregar nada. Podría criticarse que se está distorsionando la realidad, por recoger un resultado negativo de 3.000 en la cuenta de resultados, cuando en realidad hay un beneficio recogido en el patrimonio neto.

Si se ejerciera la opción, la entidad XYZ debería anular su deuda de 186.000 €, con una salida de tesorería por el mismo importe.

Caso práctico 23. Emisión de una opción de compra sobre una divisa

Una entidad emite una opción de compra sobre el dólar, con vencimiento dentro de 90 días, precio de ejercicio $E = 2.350$ pesos/dólar y nocional $N = 300.000$ dólares. Ingresa en concepto de prima $C = 11.441.817$ pesos colombianos. La entidad no se cubre y pasados 30 días las opciones de compra sobre el dólar con precio de ejercicio $E = 2.350$ pesos/dólar y vencimiento a los 60 días cotizan a 156,675 pesos/dólar.

a) En la fecha inicial determine si la entidad tiene un activo o un pasivo e indique su importe.

b) En la fecha inicial determine si la entidad tiene beneficios o pérdidas.

c) Determine si transcurridos los 30 días la entidad tiene un activo o un pasivo e indique su importe.

d) Analice la variación del pasivo que ha tenido la entidad.

e) Determine si transcurridos los 30 días la entidad registra beneficios o pérdidas.

f) Registros contables de la entidad en la fecha de emisión y transcurridos 30 días.

Solución:

a) La entidad tiene un pasivo porque ha vendido derechos económicos que la obligan en el futuro, si bien el valor final de esos derechos es desconocido y podría llegar a ser nulo. El importe del pasivo es el precio obtenido por la venta de las opciones, 11.441.817 pesos colombianos.

b) Suponemos que el precio es de mercado, en cuyo caso la entidad no tiene ni ganancias ni pérdidas.

c) La entidad sigue teniendo un pasivo dado que, aunque el precio cambie, no se modifica la naturaleza económica: sigue teniendo unos compromisos futuros.

El valor razonable de las opciones es:

$$VR = 300.000\ \$ \times 156{,}675\ \text{pesos}/\$ = 47.002.500\ \text{pesos}$$

Este es el importe del pasivo transcurridos los 30 días.

d) La variación del pasivo es la diferencia de los dos importes de pasivo, es decir:

$$\Delta P = 47.002.500 - 11.441.817 = 35.560.683\ \text{pesos}$$

e) La variación del pasivo es positiva, e implica que existe una pérdida por dicha cuantía.

f) Los registros contables son:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
Fecha de adquisición	Tesorería	11.441.817
	Opción de compra emitida	(11.441.817)
	Por la adquisición de la opción	
Transcurridos 30 días	Resultados: Variación del valor razonable	35.560.683
	Opción de compra emitida	(35.560.683)
	Por el incremento en el valor razonable del derivado	

Al no formar el derivado parte de una cobertura, se valora a su valor razonable, y las variaciones de dicho valor se recogen en la cuenta de resultados.

Caso práctico 24. Valor razonable de una opción escalera

Un contrato establece la siguiente liquidación en el vencimiento a favor del comprador:

$$L_T = N \times \text{Máx}\,(S_T - E, (B_1 - E) \times 1_{\{S_t \geqslant B_1\}}, (B_2 - E) \times 1_{\{S_t \geqslant B_1\}}, 0)$$

N: Nocional del contrato. $N = 100.000$ €

S_T: Tipo de cambio del dólar de Estados Unidos con el euro. En la fecha de emisión del contrato $S_0 = 1{,}20$ \$/€.

B_1: Valor de la primera barrera. $B_1 = 1{,}25$ \$/€.

B_2: Valor de la segunda barrera. $B_2 = 1{,}30$ \$/€.

E: Precio de ejercicio. $E = 1{,}20$ \$/€.

$1_{\{S_t \geqslant B_i\}}$: Función indicatriz que vale 1 si $S_t \geqslant B_i$ y vale 0 si $S_t < B_i$ $t \in [0, T]$.

Datos adicionales: los tipos de interés en euros y dólares son $r_€ = 3\%$, $r_\$ = 5\%$; la volatilidad y el plazo, $\sigma = 8\%$ y $T = 1$ año.

a) Diseñe la cartera de instrumentos financieros que generan la función de pago.

b) Calcule el valor razonable del contrato.

Solución:

a) Se trata de una opción escalera que se construye con cinco opciones:

i) Compra de una opción de compra estándar con precio de ejercicio E.

ii) Venta de una opción barrera put *up and in* con precio de ejercicio E y barrera B_1.

iii) Compra de una opción barrera *put up and in* con precio de ejercicio B_1 y barrera B_1.

iv) Venta de una opción barrera put *up and in* con precio de ejercicio B_1 y barrera B_2.

v) Compra de una opción barrera put *up and in* con precio de ejercicio B_2 y barrera B_2.

b) Valor razonable.

Calculamos los precios de cada una de las opciones que forman la opción escalera.

$$C(E) = 2.640{,}22 \qquad PUI(E, B_1) = 904{,}14 \qquad PUI(B_1, B_1) = 2.057{,}93$$

$$PUI(B_1, B_2) = 294{,}20 \qquad PUI(B_2, B_2) = 762{,}50$$

Valor razonable del contrato:

$$VR = 2.640{,}22 - 904{,}14 + 2.057{,}93 - 294{,}20 + 762{,}50 = 4.262{,}31 \ \$$$

Caso práctico 25. Adquisición de una opción escalera

Una entidad adquiere como inversión un contrato, por el que paga su valor razonable, y que le otorga el derecho a recibir la mayor rentabilidad positiva, de una determinada acción, entre la obtenida al vencimiento y el 10%, siempre que dicho valor de la rentabilidad lo haya conseguido la acción durante la vida del contrato. Nominal del contrato 1.000 acciones.

Datos: precio de la acción: 30 €; plazo: 1 año; tipo de interés a 1 año libre de riesgo: 3%; tasa de dividendos de la acción: 2%; volatilidad: 15%.

a) Calcule el valor razonable del contrato.

b) Registro contable de la entidad en el momento en que realiza la inversión.

Solución:

a) El contrato se identifica con una opción escalera de un escalón, una barrera situada un 10% por encima del precio de ejercicio, precio que coincide con el precio de la acción en el inicio del contrato.

La función de pago de una opción escalera se obtiene mediante la construcción de la cartera siguiente:

1. Compra de una opción estándar europea *call* con precio de ejercicio E.

2. Venta de una opción *put* estándar europea con precio de ejercicio E.

3. Compra de una opción barrera *put up and out* con precio de ejercicio E y barrera L.

4. Compra de una opción *put* estándar europea con precio de ejercicio L.

5. Venta de una opción barrera *put up and out* con precio de ejercicio L y barrera L.

Mediante los modelos de valoración obtenemos los precios a partir de: subyacente $S = 30$ €, precio de ejercicio $E = 30$ €, tipo de interés $r = 3\%$, tasa de dividendos $q = 2\%$, volatilidad $\sigma = 15\%$, barrera $L = 30 + 10\% \times 30 = 33$.

1. Precio *call* estándar europea $C(30) = 1{,}899$

2. Precio *put* estándar europea $P(30) = 1{,}607$

3. Precio opción barrera *put up and out* $P(30; 33) = 1{,}407$

4. Precio *put* estándar europea $P(33) = 3{,}434$

5. Precio opción barrera *put up and out* $P(33;\ 33) = 2{,}722$

$$\text{Precio opción escalera} = \\ = C(30) - P(30) + P(30;\ 33) + P(33) - P(33;\ 33) = 2{,}411$$

b) El registro contable será:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
Fecha de compra	Opciones escalera comprada	2,411
	Tesorería	(2,411)
	Por la compra de las opciones	

El contrato es una opción y no un instrumento híbrido en el que haya que separar sus diferentes componentes.

Caso práctico 26. Valor razonable de una opción cuanto

Valore una opción de compra europea, en euros, con vencimiento dentro de seis meses (180 días), sobre una acción cotizada en dólares cuyo precio actual es S = 120 \$, precio de ejercicio E = 118 \$, y el tipo de cambio pactado e_p = 0,99 €/\$. El tipo de interés del euro es el 4% y el tipo de interés del dólar el 5,5%. La tasa de dividendos de la acción es el 2%, la volatilidad de la acción es el 25%, la volatilidad del tipo de cambio es el 8% y el coeficiente de correlación es 0,45. La liquidación de la opción en el vencimiento se realiza mediante la fórmula:

$$L_T = e_p \times \text{Máx}\,(S_T(\$) - E(\$),\, 0)$$

Solución:

Una opción cuya liquidación se realiza según la fórmula anterior se denomina opción cuanto.

El precio de una opción cuanto viene dado por:

$$c = e_p\,(S_0^* e^{(r_f - r - q - \rho\sigma_S\sigma_e)T} N(d_1) - E^* e^{-rT}(d_2))$$

S_0^*: Precio del activo subyacente en la divisa extranjera.

E^*: Precio de ejercicio en divisa extranjera.

r_f: Tipo de interés de la divisa extranjera.

r: Tipo de interés de la divisa doméstica.

q: Tasa de dividendos.

e_p: Tipo de cambio predeterminado.

σ_S: Volatilidad de la rentabilidad del subyacente.

σ_e: Volatilidad de la rentabilidad de la divisa.

ρ: Coeficiente de correlación entre la rentabilidad del tipo de cambio y la rentabilidad del activo subyacente.

$$r_f - r - q - \rho\sigma_S\sigma_e = 5{,}5\% - 4\% - 2\% - 0{,}45 \times 25\% \times 8\% = -1{,}40\%$$

$$d_1 = \frac{\ln\dfrac{S}{E} + (r^* - q - \rho\sigma\sigma + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}} =$$

$$= \frac{\ln\dfrac{120}{118} + (0{,}055 - 0{,}02 - 0{,}45 \times 0{,}25 \times 0{,}08) \times 180/365}{0{,}25\sqrt{180/365}} = 0{,}25655$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T} = 0{,}25655 - 0{,}25\sqrt{180/365} = 0{,}08099$$

$$N(0{,}25655) = 0{,}60124 \qquad N(0{,}08099) = 0{,}53227$$

$$c = e_p(S_0^* e^{(r_f - r - q - \rho\sigma_S\sigma_e)T} N(d_1) - E^* e^{-rT} N(d_2)) =$$

$$= 0{,}99(120 \times e^{0{,}014 \times 180/365} 0{,}60124 - 118 \times e^{-0{,}04 \times 180/365} 0{,}53227 = 9{,}970$$

El precio de la opción de compra cuanto es $C = 9{,}970$.

Caso práctico 27. Adquisición de una opción *put* con prima diferida

Una opción *put* estándar europea se contrata difiriendo el pago de la prima al vencimiento de la opción con la condición de que la prima se abona si la opción está dentro de dinero.

Los datos son:

$$E = 5.000 \qquad S = 5.000 \qquad r = 4\% \qquad q = 2\% \qquad \sigma = 25\% \qquad T = 90 \text{ días}$$

a) Halle el importe de la prima diferida.

b) Transcurridos 10 días el subyacente vale S = 4.900 y los restantes datos se mantienen iguales. Obtenga el valor razonable del contrato.

c) Valore el contrato si en el vencimiento el subyacente cotiza con el precio S_T = 4.600.

d) Registros contables en estas fechas.

Solución:

a) La prima diferida de la opción *put* es:

$$P_0 = E - \frac{S_0 e^{-(q-r)T} N(-d_1)}{N(-d_2)} \qquad d_1 = \frac{\ln\frac{S_0}{E} + \left(r - q + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \qquad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

$$d_1 = \frac{\ln\frac{5.000}{5.000} + (0{,}04 - 0{,}02 + 0{,}25^2/2) \times \left(\frac{90}{365}\right)}{0{,}25 \times \sqrt{\frac{90}{365}}} = 0{,}10180$$

$$d_2 = -0{,}02235$$

$$N(-0{,}10180) = 0{,}45946 \qquad N(0{,}02235) = 0{,}50891$$

$$P_d = 5.000 - 5.000 \times e^{-(0{,}02-0{,}04)\times 90/365} \times 0{,}45946/0{,}50891 = 463{,}56$$

b) El contrato está formado, para el comprador de la opción *put* con prima diferida, por una opción estándar europea comprada y una opción *put* digital vendida.

La valoración de la *put* estándar con el precio del subyacente S = 4.900 y el plazo hasta el vencimiento 80 días, manteniendo los restantes parámetros iguales a los valores en la fecha de emisión, es:

$$P_t = 270{,}46$$

El precio de la opción *put* digital está dado por la expresión:

$$PD_t = L \times e^{-rT}N(-d_2)$$

L es el importe de la prima diferida y

$$d_2 = \frac{\ln\frac{4.900}{5.000} + (0{,}04 - 0{,}02 - 0{,}25^2/2) \times \left(\frac{80}{365}\right)}{0{,}25\sqrt{\frac{80}{365}}} = -0{,}19368$$

$$N(-d_2) = N(0{,}19368) = 0{,}57679$$

El precio de la opción digital es:

$$PD_t = 463{,}56 \times e^{-0{,}04 \times 80/365} \times 0{,}57679 = 265{,}04$$

El precio del contrato es:

$$V_t = P_t - PD_t = 270{,}46 - 265{,}04 = 5{,}42$$

c) En el vencimiento el precio de la opción coincide con el importe de la liquidación, que en este caso es la diferencia entre la liquidación correspondiente a una opción *put* estándar y la prima pactada en el inicio cuyo pago se había diferido.

$$V_T = \text{Máx}\,(E - S_T,\ 0) - P_d = \text{Máx}\,(5.000 - 4.600,\ 0) - 463{,}56 = -63{,}56$$

d) Los registros contables son:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
Fecha de adquisición	*Debe informase únicamente en la memoria sobre la adquisición de la opción.*	
Transcurridos 10 días	Derivado de cobertura	5,42
	Resultados: Variación del valor razonable	(5,42)
	Por el incremento en el valor razonable del derivado	
Al vencimiento	Resultados: Variación del valor razonable	68,98
	Derivado de cobertura	(68,98)
	Por la caída en el valor razonable del derivado (– 63,56 – 5,42) = – 68,98	
	Derivado de cobertura	63,56
	Tesorería	(63,56)
	Liquidación del derivado	

El contrato adquirido no es un instrumento híbrido, ya que está formado por dos derivados, y no debe descomponerse en sus componentes a la hora de proceder a su registro contable.

Caso práctico 28. Valoración de una «opción a elegir»

Un contrato permite al comprador elegir entre opción de compra u opción de venta dentro de tres meses, y el vencimiento de la opción elegida está situado tres meses después de la fecha de elección. Con los datos precio del activo subyacente $S = 2.000$, precio de ejercicio $E = 2.000$, tipo de interés libre de riesgo $r = 4\%$, tasa de dividendos $q = 1\%$ y volatilidad = 25%, calcule el valor razonable del contrato utilizando un modelo de valoración.

Solución:

El contrato es una opción denominada «opción a elegir». La fecha en la que se debe elegir es t y la fecha en la que vence la opción elegida es T.

En la fecha t, en la que el comprador de la opción debe elegir si la opción comprada es *call* o *put*, el contrato vale:

$$V_t = \text{Máx}\,(c_t, p_t)$$

Ya que un inversor racional siempre prefiere más que menos, utilizando la paridad *put-call* que relaciona los precios de las opciones de compra, sobre el mismo subyacente, igual precio de ejercicio e igual vencimiento, se debe verificar:

$$c_t + Ee^{-rt} = p_t + S_te^{-qt} \qquad p_t = c_t + Ee^{-rt} - S_te^{-qt}$$

Sustituyendo en V_t:

$$V_t = \text{Máx}\,(c_t, p_t) = \text{Máx}\,(c_t, c_t + Ee^{-rt} - S_te^{-qt}) = c_t + \text{Máx}\,(0, Ee^{-rt} - S_te^{-qt})$$

Nos interesa que dentro del paréntesis aparezca únicamente el precio del activo subyacente:

$$V_t = c_t + \text{Máx}\,(0, Ee^{-rt} - S_te^{-qt}) = c_t - e^{-qt}\,\text{Máx}\,(0, Ee^{(q-r)t} - S_t)$$

El contrato en t vale el precio de una opción de compra con vencimiento en T y precio de ejercicio E, más e^{-qt} veces el precio de una opción de venta con precio de ejercicio $Ee^{(q-r)t}$ y vencimiento en t.

El contrato en la fecha actual $t = 0$ es la suma de los precios de las dos opciones citadas.

Aplicación a los datos del caso:

Precio de la opción de compra con los siguientes datos:

$$S = 2.000 \qquad E = 2.000 \qquad r = 4\% \qquad q = 1\% \text{ volatilidad} = 25\%$$
$$T = 180/365$$

Mediante el modelo de Black-Scholes:

$$c = 154{,}4$$

Precio de ejercicio de la *put*:

$$E' = Ee^{(q-r)t} = 2.000 \times e^{(0{,}01-0{,}04)90/360} = 1.985{,}1$$

Precio de la *put* con los datos:

$$S = 2.000 \qquad E = 1.985{,}1 \qquad r = 4\% \qquad q = 1\% \text{ volatilidad} = 25\%$$

$$T = \frac{90}{365}$$

Mediante el modelo de Black-Scholes:

$$p = 84{,}5$$

El valor razonable del contrato es:

$$VR = c + e^{-qt}p = 154{,}4 + e^{-0{,}01\times 90/360} \times 84{,}5 = 238{,}7$$

Caso práctico 29. Valor razonable de una opción de compra *forward start*

Obtenga el valor razonable de una opción de compra sobre una acción que se emitirá dentro de $t_1 = 90$ días y con vencimiento dentro de 360 días. El precio actual de la acción es $S_0 = 50$ €; los tipos de interés a 90 días y un año son $r_1 = 4\%$ y $r_2 = 4{,}20\%$ (capitalización simple), respectivamente. La volatilidad se supone constante para cualquier intervalo temporal e igual a 25%. La tasa de dividendos para el plazo de vida de la opción es $q = 2\%$. En la fecha de emisión de la opción se determina el precio de ejercicio con la condición $E = 1{,}05 \times S_{t_1}$, siendo S_{t_1} el precio de la acción en la fecha t_1.

Solución:

Para la valoración de esta opción es necesario calcular el tipo de interés *forward* implícito $f_{t_1/T}$; t_1 es la fecha en la que se fija el precio de ejercicio y T es la fecha de vencimiento. Se trata del *forward* para dentro de 90 días y plazo $360 - 90 = 270$ días.

El tipo de interés *forward* $f_{t_1/T}$ es:

$$f_{t_1/T} = \frac{4{,}20\% \times 1 - 4\% \times \dfrac{90}{360}}{\left(1 + 4\% \times \dfrac{90}{360}\right) \times \dfrac{270}{360}} = 4{,}224\%$$

El tipo de interés calculado en régimen de capitalización simple se transforma en nuevo tipo de interés r calculado en capitalización continua.

$$e^{r(T-t_1)} = 1 + f_{t_1/T}(T - t_1)$$

$$r = \frac{\ln(1 + f_{t_1/T}(T - t_1))}{T - t_1} = \frac{\ln\left(1 + 4{,}224\% \times \dfrac{270}{360}\right)}{\dfrac{270}{360}} = 4{,}158\%$$

El precio de la opción de compra *forward start* es:

$$C = e^{-q(t_1 - t)} S_t [e^{-q(T-t_1)} N(d_1) - ke^{-r(T-t_1)} N(d_2)]$$

$$d_1 = \frac{\ln\dfrac{1}{k} + (r - q + \sigma^2/2)(T - t_1)}{\sigma\sqrt{T - t_1}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T - t_1}$$

$$d_1 = \frac{\ln\dfrac{1}{1{,}05} + (4{,}158\% - 2\% + 0{,}25^2/2) \times \dfrac{270}{360}}{0{,}25\sqrt{\dfrac{270}{360}}} = -0{,}045161$$

$$d_2 = -0{,}045161 - 0{,}25\sqrt{\frac{270}{360}} = -0{,}260179$$

Sustituyendo en la fórmula se obtiene el precio de la opción de compra *forward start*.

$$C = e^{-0{,}02 \times 90/360} 50 \times [e^{-0{,}02 \times 270/360} N(-0{,}045161) -$$
$$- 1{,}05 \times e^{-004158 \times 270/360} N(-0{,}260179)] = 3{,}499$$

Caso práctico 30. Depósito referenciado a la evolución del precio de una acción

Una entidad financiera comercializa un depósito que paga un tipo de interés muy superior al de mercado si el precio de una acción sube, y en el caso de que el precio de la acción se mantenga o baje, entrega al inversor el valor de mercado de un número de acciones cuyo valor de mercado sea igual que el nominal del depósito en la fecha inicial. Los datos del contrato son los siguientes:

— Nominal del depósito N = 30.000 dólares.

— Plazo del depósito: 180 días.

— Tipo de interés pactado i_c = 15% (interés simple, base 360).

En la fecha inicial el depositante entrega el nominal a la entidad emisora del depósito.

a) Diseñe la cartera de activos que genera los flujos de liquidez del depósito.

b) Calcule el valor razonable del depósito mediante los modelos de valoración pertinentes. Los datos necesarios son: tasa de dividendos anualizada de la acción q = 3%; volatilidad anualizada σ = 22%; tipo de interés libre de riesgo continuo a 180 días, r = 4%.

c) Obtenga el valor razonable del depósito pasados 60 días, si los nuevos datos son: la acción se ha revalorizado un 6% respecto al precio en la fecha de emisión del depósito; tasa de dividendos anualizada de la acción q = 3%; volatilidad anualizada σ = 20%; tipo de interés libre de riesgo continuo a 120 días, r = 4,20%.

d) En la fecha de vencimiento del depósito, la acción se ha revalorizado un 8%. Obtenga el valor razonable del depósito.

e) Contabilice el depósito en la fecha inicial, pasados 60 días y en el vencimiento, en los libros de la entidad financiera.

f) Si en la fecha de vencimiento del depósito la acción se ha depreciado un 2%, obtenga el valor razonable del depósito y contabilice el depósito en los libros de la entidad financiera.

Solución:

a) Este tipo de instrumento financiero es un instrumento híbrido porque se puede descomponer en un depósito tradicional e instrumentos derivados. Para identificar los diferentes instrumentos que componen el depósito es necesario analizar los flujos de liquidez contingentes que pueden generarse en el vencimiento del depósito. Si el precio de la acción sube, el depositante cobra el nominal del depósito más los intereses. Esto se puede expresar:

$$L = N + N \times i \times T$$

Es más cómodo realizar el razonamiento y los cálculos considerando que el nominal es 100:

$$L = N + N \times i \times T = 100 + 100 \times 15\% \times \left(\frac{180}{360}\right) = 100 + 7{,}5$$

Si el precio de la acción se mantiene o baja, el depositante recibe el valor de mercado de la acciones. Expresando mediante el símbolo S_T dicho valor, la liquidación se puede escribir:

$$L = S_T = 100 + S_T - 100 = 100 - (100 - S_T) = 100 - \text{Máx}\,(100 - S_T)$$

De este modo hemos conseguido expresar la liquidación en función de flujos de liquidez que corresponden a instrumentos financieros que son fáciles de valorar. En resumen, se tiene:

i) 100 + 7,5 si la acción sube.
ii) $100 - \text{Máx}\,(100 - S_T)$ si la acción se mantiene o baja.

Que equivale a:

i) 100 siempre.
ii) 7,5 si la acción sube.
iii) $-\text{Máx}\,(100 - S_T)$ si la acción se mantiene o baja.

Estos flujos en el vencimiento se pueden identificar con instrumentos financieros sencillos.

Para el depositante:

i) Posición larga en un instrumento cupón cero con nominal 100.
ii) Posición larga en una opción digital de compra con importe de la liquidación igual a 7,5, activo subyacente la acción y con precio de ejercicio $E = 100$.
iii) Posición corta en una opción de venta (*put*) sobre la acción con precio de ejercicio $E = 100$.

Para la entidad financiera:

i) Posición corta en un instrumento cupón cero con nominal 100.
ii) Posición corta en una opción digital de compra con importe de la liquidación igual a 7,5, activo subyacente la acción y con precio de ejercicio $E = 100$.
iii) Posición larga en una opción de venta (*put*) sobre la acción con precio de ejercicio $E = 100$.

b) El valor razonable lo obtenemos calculando el valor razonable de cada uno de los instrumentos financieros elementales en los que hemos descompuesto el depósito.

Valor razonable del instrumento cupón cero:

$$VR_1 = B = N \times e^{-rT} = 100 \times e^{-0{,}04 \times 180/360} = 98{,}020$$

Para la entidad financiera es un pasivo.

Valor razonable del instrumento opción digital de compra:

El modelo de valoración de una opción digital de compra es:

$$CD_0 = L \times e^{-rT} \times N(d_2) \qquad d_2 = \frac{\ln\frac{S_0}{E} + \left(r - q - \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = \frac{\ln\frac{S_0}{E} + \left(r - q - \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} = \frac{\ln\frac{100}{100} + \left(0{,}04 - 0{,}03 - \frac{0{,}22^2}{2}\right) \times \frac{180}{365}}{0{,}22 \times \sqrt{\frac{180}{365}}} =$$

$$= -0{,}04533$$

$$VR_2 = L \times e^{-rT} \times N(d_2) = 7{,}5 \times e^{-0{,}04 \times (180/365)} \times N(-0{,}04533) = 3{,}574$$

CAPÍTULO 7

Para la entidad financiera la opción digital de compra es un pasivo.

Valor razonable opción *put*:

El modelo de valoración de una opción de venta es:

$$P = Ee^{-rT}N(-d_2) - Se^{-qT}N(-d_1)$$

$$d_2 = \frac{\ln\frac{S_0}{E} + \left(r - q - \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} = -0{,}04533$$

$$d_1 = \frac{\ln\frac{S_0}{E} + \left(r - q + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} = \frac{\ln\frac{100}{100} + \left(0{,}04 - 0{,}03 + \frac{0{,}22^2}{2}\right)\frac{180}{365}}{0{,}22\sqrt{\left(\frac{180}{365}\right)}} =$$

$$= 0{,}10917$$

$$P = Ee^{-rT}N(-d_2) - Se^{-qT}N(-d_1) =$$

$$= 100 \times e^{-0{,}04 \times (180/365)}N(0{,}04533) - 100 \times e^{-0{,}03 \times (180/365)}N(-0{,}10917) =$$

$$= 5{,}813$$

Para la entidad financiera la opción *put* es un activo.

Valor razonable en el inicio del instrumento híbrido:

$$VR = VR_1 + VR_2 + VR_3 = -98{,}020 - 3{,}574 + 5{,}813 = -95{,}781$$

c) Valor razonable del instrumento cupón cero:

$$VR_1 = B = -N \times e^{-rT} = -100 \times e^{-0{,}042 \times 120/360} = -98{,}610$$

Para la entidad financiera es un pasivo.

Valor razonable del instrumento opción digital de compra:

El modelo de valoración de una opción digital de compra es:

$$CD_0 = L \times e^{-rT} \times N(d_2) \qquad d_2 = \frac{\ln\frac{S_0}{E} + \left(r - q - \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = \frac{\ln\frac{S_0}{E} + \left(r - q - \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} = \frac{\ln\frac{106}{100} + \left(0{,}042 - 0{,}03 - \frac{0{,}20^2}{2}\right) \times \frac{120}{365}}{0{,}20 \times \sqrt{\frac{120}{365}}} =$$

$$= -0{,}48518$$

$$VR_2 = -L \times e^{-rT} \times N(d_2) = 7{,}5 \times e^{-0{,}042 \times (120/365)} \times N(0{,}48518) = -5{,}076$$

Para la entidad financiera es un pasivo.

Valor razonable opción *put*:

El modelo de valoración de una opción de venta es:

$$P = Ee^{-rT}N(-d_2) - Se^{-qT}N(-d_1)$$

$$d_2 = \frac{\ln\frac{S_0}{E} + \left(r - q - \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} = -0{,}022935$$

$$d_1 = \frac{\ln\frac{S_0}{E} + \left(r - q + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} = \frac{\ln\frac{106}{100} + \left(0{,}042 - 0{,}03 + \frac{0{,}2^2}{2}\right)\frac{120}{365}}{0{,}2\sqrt{\left(\frac{120}{365}\right)}} =$$

$$= 0{,}091741$$

$$P = Ee^{-rT}N(-d_2) - Se^{-qT}N(-d_1) =$$

$$= 100 \times e^{-0{,}042 \times (120/365)}N(0{,}022935)$$
$$- 106 \times e^{-0{,}03 \times (120/365)}N(-0{,}091741) = 2{,}157$$

Para la entidad financiera la opción *put* es un activo.

Valor razonable del instrumento híbrido:

$$VR = VR_1 + VR_2 + VR_3 = -98{,}610 - 5{,}076 + 2{,}157 = -101{,}529$$

d) La acción ha subido y la liquidación del depósito es el nominal y los intereses. Siguiendo con el análisis del valor de las componentes será:

$$VR_1 = 100 \qquad VR_2 = 7{,}5 \qquad VR_3 = 0$$

$$VR = VR_1 + VR_2 + VR_3 = -100 - 7{,}5 + 0 = -107{,}5$$

e) El registro contable será:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
Fecha de emisión	Tesorería	30.000
	Opción de venta comprada	1.743,9
	Depósito cupón cero	(29.406)
	Opción digital de compra vendida	(1.072,2)
	Resultados financieros	(1.266)
	Descomposición del depósito en los diferentes elementos que lo componen: Opción de venta comprada: 5,813% × 30.000 Depósito cupón cero: 98,020% × 30.000 Opción digital: 3,574% × 30.000 La diferencia entre el valor total del elemento, obtenido como la suma del valor de cada uno de sus componentes, y la tesorería recibida es una ganancia.	
Pasados 60 días desde la emisión	Resultados financieros	177
	Depósito cupón cero	(177)
	Incremento de valor del depósito cupón cero por los intereses devengados: (98,610% − 98,020%) × 30.000	
	Resultados financieros	450,6
	Opción digital de compra vendida	(450,6)
	Al incrementarse el valor de la acción se incrementa el valor razonable de la opción digital y, por tanto, la obligación de la entidad: (5,076% − 3,574%) × 30.000	
	Resultados financieros	1.096,8
	Opción de venta comprada	(1.096,8)
	Al incrementarse el valor de la acción se reduce el valor razonable de la opción de venta comprada y, por tanto, el activo de la entidad: (2,157% − 5,813%) × 30.000	

(*continúa*)

(*continuación*)

Fecha de vencimiento	Resultados financieros	417
	Depósito cupón cero	417
	Incremento de valor del depósito cupón cero: (100% − 98,610%) × 30.000	
	Depósito cupón cero	30.000
	Tesorería	(30.000)
	Liquidación del depósito	
	Resultados financieros	727,2
	Opción digital de compra vendida	(727,2)
	Incremento de valor de la opción digital (7,5% − 5,076%) × 30.000	
	Opción digital de compra vendida	2.250
	Tesorería	(2.250)
	Liquidación de la opción digital: 7,5% × 30.000	
	Resultados financieros	647,1
	Opción de venta comprada	(647,1)
	La opción tiene un valor razonable igual a cero al ser el precio de la acción superior al precio de ejercicio; en consecuencia, anulo el activo de la entidad: (0% − 2,157%) × 30.000	

Comprobamos que la normativa contable obliga a separar los diferentes derivados que componen el depósito, a pesar de que la liquidación es por diferencia y con la misma contraparte. No resultaría obligatoria esta separación en el caso de que los riesgos de todos los componentes fueran similares, o cuando la entidad utilizara la opción de valorar todo el instrumento por su valor razonable.

La pérdida que ha tenido la entidad con la opción de venta comprada podría haberse compensado cubriendo esta opción con la emisión de una opción de venta.

f) La acción ha bajado y la liquidación del depósito es el valor de mercado de las acciones, es decir, 98.

$$VR_1 = 100 \qquad VR_2 = 0 \qquad VR_3 = \text{Máx}\,(100 - 98,\ 0) = +2$$

$$VR = VR_1 + VR_2 + VR_3 = -100 - 0 + 2 = -98$$

El registro contable en la fecha de liquidación sería:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
Fecha de vencimiento	Resultados financieros	417
	Depósito cupón cero	417
	Incremento de valor del depósito cupón cero: (100% − 98,610%) × 30.000	
	Depósito cupón cero	30.000
	Tesorería	(30.000)
	Liquidación del cupón	
	Opción digital de compra vendida	2.250
	Resultados financieros	(2.250)
	La opción vendida tiene un valor razonable igual a cero. Caída del valor razonable de la opción digital: (0% − 7,5%) × 30.000	
	Resultados financieros	47,1
	Opción de venta comprada	(47,1)
	Valoración de la opción comprada a su valor razonable: (2% − 2,157%) × 30.000	
	Tesorería	600
	Opción de venta comprada	(600)
	Liquidación de la opción: (100% − 98%) × 30.000	

Caso práctico 31. Depósito cuyo interés depende del precio de una acción

Una entidad financiera ofrece a sus clientes un depósito a un año de plazo. El tipo de interés depende de la evolución del precio de una acción. Si en el vencimiento el precio de la acción no supera el precio de la fecha de contratación del depósito, el tipo de interés aplicado al depósito es cero. Si la rentabilidad de la acción se sitúa entre 0 y 6%, el tipo de interés será la rentabilidad alcanzada. Por último, si la rentabilidad supera el 6%, el tipo de interés será el 6%. Estos intereses se calculan mediante interés simple.

a) Diseñe la cartera de activos que genera dichos rendimientos.

b) Calcule el valor del depósito mediante un modelo de valoración. El tipo de interés continuo a un año es el 3,92%, la estimación de la tasa de dividendos de la acción es el 2,47% y la estimación de la volatilidad es el 30%.

c) ¿Qué riesgos soporta la entidad financiera emisora del depósito?

d) ¿Qué gestión debe realizar la entidad financiera para obtener un margen cierto y cuánto es el importe del margen?

e) Registros contables de la entidad financiera en la fecha de emisión y en la fecha de vencimiento, suponiendo que la rentabilidad de la acción en esta última fecha es del 3%.

Solución:

a) La liquidación en el vencimiento se puede expresar mediante la siguiente fórmula:

$$L_T = 100 + \text{Máx}\,(S_T - 100,\ 0) - \text{Máx}\,(S_T - 106,\ 0)$$

donde 100 representa el nominal del depósito y S_T es el precio de la acción en el vencimiento con el convenio de que el precio de la acción en la fecha de contratación del depósito se supone que tiene valor 100.

El primer sumando es un flujo cierto de 100 y el instrumento financiero es un cupón cero de nominal 100.

El segundo sumando es la forma de liquidar una opción de compra europea estándar con precio de ejercicio 100. El signo más corresponde a una opción comprada.

El tercer sumando es la forma de liquidar una opción de compra europea estándar con precio de ejercicio 106. El signo menos corresponde a una opción vendida.

b) El valor razonable de cada instrumento mediante el modelo de valoración correspondiente es:

Instrumento cupón cero:

$$VR_1 = N \times e^{-rT} = 100 \times e^{-0,0392} = 96,156$$

Opción de compra precio de ejercicio $E = 100$:

$$C = Se^{-qT}N(d_1) - Ee^{-rT}N(d_2) \qquad d_1 = \frac{\ln\frac{S}{E} + \left(r - q + \frac{\sigma^2}{2}\right)}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

$$d_1 = \frac{\ln\frac{100}{100} + \left(0,0392 - 0,0247 + \frac{0,30^2}{2}\right) \times 1}{0,30\sqrt{1}} = 0,19843$$

$$d_2 = 0,19843 - 0,30 \times \sqrt{1} = -0,10157$$

$$N(d_1) = N(0,19843) = 0,57864 \qquad N(d_2) = N(-0,10157) = 0,45955$$

$$VR_2 = C_1 = 100 \times e^{-0,0247 \times 1} \times 0,57864 - 100e^{-0,0392 \times 1} \times 0,45955 = 12,266$$

Opción de compra precio de ejercicio $E = 106$:

$$d_1 = \frac{\ln\frac{100}{106} + \left(0,0392 - 0,0247 + \frac{0,30^2}{2}\right) \times 1}{0,30\sqrt{1}} = 0,00420$$

$$d_2 = 0,00420 - 0,30 \times \sqrt{1} = -0,29580$$

$$N(d_1) = N(0,00420) = 0,50167 \qquad N(d_2) = N(-0,29580) = 0,38369$$

$$VR_3 = C_2 = 100 \times e^{-0,0247 \times 1} \times 0,50167 - 106e^{-0,0392 \times 1} \times 0,38369 = 9,837$$

El valor razonable del depósito es:

$$VR = VR_1 + VR_2 - VR_3 = 96,156 + 12,266 - 9,837 = 98,585$$

c) La entidad financiera soporta el riesgo de que termine pagando a los clientes un tipo de interés muy superior al tipo de interés interbancario. También soporta los riesgos operacionales del proceso de contratación de los depósitos, y también el riesgo reputacional de un instrumento financiero que tiene riesgo para los clientes.

d) La entidad financiera puede conseguir un resultado cierto positivo si compra una opción de compra con precio de ejercicio 100, vende una opción de compra con precio de ejercicio 106 y coloca en tesorería a plazo de un año la liquidez necesaria (96,156) para obtener el nominal (100) en el vencimiento del depósito.

Suponiendo que los precios calculados para las opciones son los precios que la entidad puede contratar con otra entidad en el mercado, el margen cierto obtenido por la entidad es 100 − 98,585 = 1,415.

e) El registro contable será:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
Fecha de emisión	Tesorería	100
	Opción de compra comprada (prec. ej. = 106)	9,837
	Depósito cupón cero (pasivo)	(96,156)
	Opción de compra vendida (prec. ej. = 100)	(12,266)
	Resultados financieros	(1,1415)
	La diferencia entre el importe recibido y el valor de los elementos es una ganancia para la entidad.	
	Opción de compra comprada (prec. ej. = 100)	12,266
	Opción de compra vendida (prec. ej. = 106)	(9,837)
	Tesorería	(2,429)
	Cobertura del riesgo de las opciones tomando la posición inversa. La entidad financiera habrá liquidado con un mayorista la diferencia de 2,429.	
	Depósito cupón cero (activo)	96,156
	Tesorería	(96,156)
	La entidad ha colocado 96,156 en un instrumento cupón cero con el objetivo de cubrirse.	
Fecha de vencimiento	Resultados financieros	3,844
	Depósito cupón cero (pasivo)	(3,844)
	Por el devengo de intereses del depósito: 100 − 96,156	
	Depósito cupón cero (pasivo)	100
	Tesorería	(100)
	Pago del depósito por liquidación	
	Resultados financieros	9,837
	Opción de compra comprada (prec. ej. = 106)	(9,837)
	La opción de compra comprada con precio de ejercicio 106 que forma parte del depósito no será ejercida. Su valor razonable es igual a cero, debiéndose anular este activo.	

(*continúa*)

(*continuación*)

	Opción de compra vendida (prec. ej. = 100)	9,266
	Resultados financieros	(9,266)
	La opción de compra vendida con precio de ejercicio 100 que forma parte del depósito será ejercida siendo el importe de la liquidación 3 (103 – 100). Ajusta el valor contable al valor de liquidación: 3 – 12,266 = – 9,266	
	Opción de compra vendida (prec. ej. = 100)	3
	Tesorería	(3)
	Liquidación de la opción	
	Opción de compra vendida (prec. ej. = 106)	9,837
	Resultados financieros	(9,837)
	Anulación del pasivo por la opción de compra vendida por tener un valor razonable igual a cero	
	Resultados financieros	9,266
	Opción de compra comprada (prec. ej. = 100)	(9,266)
	Valoración de la opción de compra comprada a su valor razonable: 3 – 12,266	
	Tesorería	
	Opción de compra comprada (prec. ej. = 100)	
	Liquidación de la opción	
	Depósito cupón cero (activo)	3,844
	Resultados financieros	(3,844)
	Devengo de intereses del depósito cupón cero: 100 – 96,156	
	Tesorería	100
	Depósito cupón cero (activo)	(100)
	Pago del cupón por liquidación	

La cuenta de resultados de la entidad financiera muestra que la entidad obtiene en la fecha de vencimiento con este depósito, sin la cobertura de este, una pérdida de 4,415, siendo 3,844 la consecuencia de los intereses devengados por el cupón cero y 0,571 consecuencia de las opciones (−9,837 + 9,266).

Este resultado también se obtiene analizando la cuenta de tesorería:

— Pagos efectuados por la entidad en la fecha de vencimiento del depósito, sin considerar la cobertura de este: 103 (100 consecuencia del cupón cero y 3 consecuencia de la opción).

— Cobros en el momento inicial: 96,156 consecuencia del cupón cero y 12,266 consecuencia de la prima de la opción vendida.

— Pagos en el momento inicial: 9,837 consecuencia de la prima de la opción comprada.

— Como tiene que pagar por la opción en el vencimiento 3 y la diferencia entre los cobros y pagos de las primas en el momento inicial es de 2,429 (12,266 − 9,837), la entidad con las opciones tiene una pérdida de 0,571 (3 − 2,429).

La pérdida que tiene la entidad consecuencia de las opciones (0,571) y del devengo de intereses del cupón cero (3,844), es totalmente compensada con la cobertura que ha realizado la entidad. El resultado de la cobertura ha sido:

— Resultado por el cupón cero (activo): 100 − 96,156 = 3,844.

— Resultado de las opciones de cobertura: 9,837 − 9,266 = 0,571

— Resultado total de la cobertura: 3,844 + 0,571 = 4,415

Caso práctico 32. Depósito financiero a un plazo fijo con una rentabilidad vinculada a la evolución de una acción

Un banco ofrece a sus clientes un depósito financiero a un plazo fijo con una rentabilidad vinculada a la evolución de una acción. Si en la fecha de vencimiento del depósito el precio de la acción ha subido respecto al nivel fijado en la fecha de contratación, el banco abona al cliente un tipo de interés i sobre el principal. Este tipo de interés está situado muy por encima de los tipos de mercado. Si por el contrario el precio de la acción baja, el banco descuenta al cliente, respecto al importe anterior, el porcentaje de caída del precio de la acción sobre el principal del depósito.

a) Diseñe la cartera de activos que genera los flujos de liquidez del depósito.

b) Calcule el valor del depósito mediante un modelo de valoración. Aplicación para los siguientes datos:

- — Principal del depósito $N = 10.000$ €.
- — Precio de la acción en la fecha de contratación $S_0 = 15$ €.
- — Plazo $T = 1$ año.
- — Tipo de interés continuo a 1 año $r = 2{,}96\%$.
- — Tasa de dividendos de la acción $q = 1\%$.
- — Volatilidad de la rentabilidad de la acción $\sigma = 30\%$.
- — Tipo de interés pactado $i = 13\%$ (interés simple).

c) Registro contable de una entidad cliente del banco que invierte 10.000 € en el citado depósito.

d) Registro contable del banco por dicha inversión suponiendo el mismo modelo, y los mismos datos, para la valoración.

CAPÍTULO 7

Solución:

a) El contrato se puede descomponer en dos instrumentos teniendo en cuenta los flujos de liquidez que se pactan. Para simplificar los cálculos, pero sin pérdida de generalidad, suponemos que el principal del depósito tiene un importe de 100 unidades monetarias.

Consideramos un flujo cierto: principal más los intereses, y un flujo contingente que coincide con la liquidación de una opción de venta vendida por el cliente al banco.

La liquidación del contrato en el vencimiento se puede expresar del modo siguiente:

$$L_T = 100 + 13 - \text{Máx}\,(100 - S_T,\, 0) = 113 - \text{Máx}\,(100 - S_T,\, 0)$$

El depósito se compone de un instrumento cupón cero de nominal 113 y una opción de venta europea estándar vendida.

Si un cliente contrata un depósito de nominal 100, la liquidación del flujo contingente se realiza del modo siguiente. Suponemos que el precio de la acción en el vencimiento es menor que el precio inicial $S_T < S_0$. El porcentaje de caída, expresado en valor absoluto, es $-\dfrac{S_T - S_0}{S_0}$, que aplicado al nominal resulta:

$$100 \times \left(1 - \frac{S_T}{S_0}\right) = 100 - 100 \times \frac{S_T}{S_0}$$

Si consideramos que el precio inicial de la acción es convencionalmente igual a 100, la liquidación es $100 - S_T$.

b) El valor razonable del depósito mediante modelos de valoración es:

Instrumento cupón cero:

$$VR_1 = N \times e^{-rT} = 113 \times e^{-0{,}0296} = 109{,}704$$

Opción de venta precio de ejercicio $E = 100$:

$$P = -Se^{-qT}N(-d_1) + Ee^{-rT}N(-d_2) \qquad d_1 = \frac{\ln\dfrac{S}{E} + \left(r - q + \dfrac{\sigma^2}{2}\right)}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

$$d_1 = \frac{\ln\dfrac{100}{100} + \left(0{,}0296 - 0{,}017 + \dfrac{0{,}30^2}{2}\right) \times 1}{0{,}30\sqrt{1}} = 0{,}21536$$

$$d_2 = 0{,}21536 - 0{,}30 \times \sqrt{1} = -0{,}08464$$

$$N(-d_1) = N(-0{,}21536) = 0{,}41474 \qquad N(-d_2) = N(0{,}08464) = 0{,}53373$$

$$VR_2 = P = -100 \times e^{-0{,}01 \times 1} \times 0{,}41474 + 100e^{-0{,}0296 \times 1} \times 0{,}53373 = \\ = 10{,}754$$

El valor razonable del depósito es:

$$VR = VR_1 - VR_2 = 109{,}704 - 10{,}754 = 98{,}950$$

c) El registro de la entidad que invierte en el depósito sería:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
Fecha de emisión	Inversión cupón cero	10.970,4
	Resultados financieros	105
	Opción de venta vendida	(1.075,4)
	Tesorería	(10.000)
	Descomposición de la inversión en los diferentes elementos que la componen: *Tesorería: 100% × 10.000* *Inversión cupón cero: 109,704% × 10.000* *Opción de venta vendida: 10,754% × 10.000* *Resultados financieros: (100% − 98,950%) × 10.000*	

d) El registro del banco por esta operación sería:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
Fecha de emisión	Tesorería	10.000
	Opción de venta comprada	1.075,4
	Depósito cupón cero	(10.970,4)
	Resultados financieros	(105)
	Descomposición del depósito en los diferentes elementos que lo componen: *Tesorería: 100% × 10.000* *Inversión cupón cero: 109,704% × 10.000* *Opción de venta comprada: 10,754% × 10.000* *Resultados financieros: (100% − 98,950%) × 10.000*	

El instrumento se ha contabilizado en la fecha de emisión por su valor razonable, que al ser diferente del precio de la transacción ha surgido un resultado.

La normativa del IASB establece que el precio de la transacción generalmente será el valor razonable en el reconocimiento inicial; no obstante:

— Si el instrumento cotiza en uno o varios mercados activos, el valor razonable será el más ventajoso, y en caso de ser distinto del de la transacción, se recogerá en resultados la diferencia.

— Si el instrumento no cotiza en un mercado activo, se utilizará una técnica de valoración cuyas variables incluyan datos observables para obtener el valor razonable del instrumento. En el supuesto de que el valor razonable sea distinto del valor de la transacción, se recogerá la diferencia igualmente en resultados.

La normativa del FASB, por el contrario, no distingue entre mercado activo y no activo; únicamente señala que la evidencia más clara de valor razonable es, en primer lugar, un precio cotizado en un mercado para el mismo instrumento y al que se pueda acceder en ese momento; en segundo lugar, un método de valoración que considere datos observables en el mercado, y, en tercer lugar, un modelo que incorpore datos no observables o asunciones de la entidad.

Caso práctico 33. Emisión de un depósito a plazo con el tipo de interés regido por la rentabilidad de una acción

Un depósito a 1 año de plazo se emite con el tipo de interés regido por las condiciones siguientes:

El tipo de interés es igual a la rentabilidad positiva anual de una determinada acción siempre que ningún día la rentabilidad sea superior al 15% y un 3% si la rentabilidad supera algún día el 15% desde el inicio de la contratación. Intereses calculados mediante capitalización simple.

Datos: tipo de interés continuo libre de riesgo, 3%; tasa de dividendos, 2%; volatilidad, 20%.

a) Analice la estructura de este instrumento financiero.

b) Obtenga el valor razonable del contrato utilizando modelos de valoración.

c) Contabilidad de la entidad emisora del depósito, suponiendo que un inversor deposita en él 100 unidades monetarias.

Solución:

a) El depósito está formado por un instrumento cupón cero cuyo nominal es el principal del depósito (100) y un instrumento opcional.

La opción que genera los mismos flujos que lo establecido en el contrato es una opción barrera de tipo *up and out* con compensación (*rebate*).

Si suponemos que el precio de la acción es 100 y el precio de ejercicio de la opción es 100, la barrera tiene un valor $B = 115$.

La compensación es el importe de los intereses en el caso de que el precio de la acción supere el nivel 115.

$$R = 100 \times 3\% \times 1 = 3$$

El instrumento híbrido se descompone en un instrumento de deuda cupón cero de nominal $N = 100$ y una opción barrera de compra *up and out*.

b) La valoración del instrumento se obtiene valorando cada componente.

Instrumento cupón cero:

$$VR = 100 \times e^{-0,03} = 97,045$$

Opción barrera de compra *up and out*[5]:

$$CUO = Se^{-qT}[N(x_1) - N(x_2)] - Ee^{-rT}[N(x_1 - \sigma\sqrt{T}) - N(x_2 - \sigma\sqrt{T})] +$$

$$+ Se^{-qT}\left(\frac{B}{S}\right)^{2(\mu+1)}[N(-y_1) - N(-y_2)] - Ee^{-rT}\left(\frac{B}{S}\right)^{2\mu}[N(-y_1 + \sigma\sqrt{T}) -$$

$$- N(-y_2 + \sigma\sqrt{T})] + R\left[\left(\frac{B}{S}\right)^{\mu+\lambda} N(-z) + \left(\frac{B}{S}\right)^{\mu-\lambda} N(-z + 2\lambda\sigma\sqrt{T})\right]$$

donde S es el precio del activo subyacente, E el precio de ejercicio, B el nivel de la barrera, q la tasa de dividendos, r el tipo de interés libre de riesgo al plazo T, sigma la volatilidad, y las restantes variables están definidas como se muestra a continuación:

$$\mu = \frac{r - q}{\sigma^2} - \frac{1}{2} \qquad \lambda = \frac{\sqrt{\mu^2\sigma^2 + 2r}}{\sigma}$$

$$x_1 = \frac{\ln\frac{S}{E}}{\sigma\sqrt{T}} + (1 + \mu)\sigma\sqrt{T} \qquad x_2 = \frac{\ln\frac{S}{B}}{\sigma\sqrt{T}} + (1 + \mu)\sigma\sqrt{T}$$

$$y_1 = \frac{\ln\frac{B^2}{SE}}{\sigma\sqrt{T}} + (1 + \mu)\sigma\sqrt{T} \qquad y_2 = \frac{\ln\frac{B}{S}}{\sigma\sqrt{T}} + (1 + \mu)\sigma\sqrt{T}$$

$$z = \frac{\ln\frac{B}{S}}{\sigma\sqrt{T}} + \lambda\sigma\sqrt{T}$$

Con los datos del caso se obtienen los siguientes valores:

$$\mu = \frac{r - q}{\sigma^2} - \frac{1}{2} = \frac{0{,}03 - 0{,}02}{0{,}2^2} - \frac{1}{2} = -0{,}25$$

$$\lambda = \frac{\sqrt{\mu^2\sigma^2 + 2r}}{\sigma} = \frac{\sqrt{(-0{,}25)^2\, 0{,}2^2 + 2 \times 0{,}03}}{0{,}2} = 1{,}25$$

[5] Haug (2006), pág. 152.

$$x_1 = \frac{\ln \dfrac{S}{E}}{\sigma\sqrt{T}} + (1+\mu)\sigma\sqrt{T} = \frac{\ln \dfrac{100}{100}}{0{,}2\sqrt{1}} + (1-0{,}25)0{,}2\sqrt{1} = 0{,}1500$$

$$x_2 = \frac{\ln \dfrac{S}{B}}{\sigma\sqrt{T}} + (1+\mu)\sigma\sqrt{T} = \frac{\ln \dfrac{100}{115}}{0{,}2\sqrt{1}} + (1-0{,}25)0{,}2\sqrt{1} = -0{,}5488$$

$$y_1 = \frac{\ln \dfrac{B^2}{SE}}{\sigma\sqrt{T}} + (1+\mu)\sigma\sqrt{T} = \frac{\ln \dfrac{115^2}{100 \times 100}}{0{,}2\sqrt{1}} + (1-0{,}25)0{,}2\sqrt{1} = 1{,}5476$$

$$y_2 = \frac{\ln \dfrac{B}{S}}{\sigma\sqrt{T}} + (1+\mu)\sigma\sqrt{T} = \frac{\ln \dfrac{115}{100}}{0{,}2\sqrt{1}} + (1-0{,}25)0{,}2\sqrt{1} = 0{,}8488$$

$$z = \frac{\ln \dfrac{B}{S}}{\sigma\sqrt{T}} + \lambda\sigma\sqrt{T} = \frac{\ln \dfrac{115}{100}}{0{,}2\sqrt{1}} + 1{,}25 \times 0{,}2 \times \sqrt{1} = 0{,}9488$$

De aquí obtenemos:

CAPÍTULO 7

$$x_1 - \sigma\sqrt{T} = 0{,}1500 - 0{,}2 \times \sqrt{1} = -0{,}0500$$

$$x_2 - \sigma\sqrt{T} = -0{,}5488 - 0{,}2 \times \sqrt{1} = 0{,}7488$$

$$-y_1 + \sigma\sqrt{T} = -1{,}5476 + 0{,}2 \times \sqrt{1} = -1{,}3476$$

$$-y_2 + \sigma\sqrt{T} = -0{,}8488 + 0{,}2 \times \sqrt{1} = -0{,}6488$$

$$-z + 2\lambda\sigma\sqrt{T} = -0{,}9488 + 2 \times 1{,}25 \times 0{,}2 \times \sqrt{1} = -0{,}4488$$

Los valores de la distribución normal estándar son:

$$N(x_1) = N(0{,}1500) = 0{,}55962 \qquad N(x_2) = N(-0{,}5488) = 0{,}29157$$

$$N(x_1 - \sigma\sqrt{T}) = N(-0{,}050) = 0{,}48006$$

$$N(x_2 - \sigma\sqrt{T}) = N(-0{,}7488) = 0{,}22699$$

$$N(-y_1) = N(-1{,}5476) = 0{,}06086 \qquad N(-y_2) = N(-0{,}8488) = 0{,}19799$$

$$N(-y_1 + \sigma\sqrt{T}) = N(-1{,}3476) = 0{,}08889$$

$$N(-y_2 + \sigma\sqrt{T}) = N(-0{,}6488) = 0{,}25823$$

$$N(-z) = N(-0{,}9488) = 0{,}17136$$

$$N(-z + 2\lambda\sigma\sqrt{T}) = N(-0{,}4488) = 0{,}32678$$

El precio de la opción barrera *call up and out* con compensación es:

$$CUO = 100 \times e^{-0{,}02}(0{,}55962 - 0{,}29157) -$$

$$- 100 \times e^{-0{,}03}(0{,}48006 - 0{,}22669) + 100 \times$$

$$\times\ e^{-0{,}02}\left(\frac{115}{100}\right)^{2(-0{,}25+1)}(0{,}06086 - 0{,}19799) - 100 \times$$

$$\times\ e^{-0{,}03}\left(\frac{115}{100}\right)^{2\times(-0{,}25)}(0{,}08889 - 0{,}25823)$$

$$3 \times \left[\left(\frac{115}{100}\right)^{-0{,}25+1{,}25} \times 0{,}17136 + \left(\frac{115}{100}\right)^{-0{,}25-1{,}25} \times 0{,}32678\right] = 1{,}8478$$

El valor del depósito es:

$$VR = 97{,}045 + 1{,}848 = 98{,}893$$

c) El registro de la entidad por esta emisión sería:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
Fecha de emisión	Tesorería	100
	Opción barrera	(1,848)
	Depósito cupón cero	(97,045)
	Resultados financieros	(1,107)
	Por la descomposición del depósito en los diferentes elementos que lo componen.	

Existe un resultado (1,107), diferencia entre el importe recibido (100) y el valor razonable del instrumento (98,893).

Caso práctico 34. Depósito que se comercializa vinculando el tipo de interés al comportamiento del precio de una acción

Un depósito a plazo (180 días) se comercializa vinculando el tipo de interés al comportamiento del precio de una acción (BBVA). Si en el vencimiento el precio de BBVA ha disminuido respecto al precio inicial, el tipo de interés es cero. Si en el vencimiento el precio de BBVA ha aumentado hasta un 15% o permanece igual, el tipo de interés es el 10%. Si en el vencimiento el precio de BBVA iguala o supera el 15%, el tipo de interés es cero.

a) Diseñe la cartera de activos que genera los flujos de liquidez del depósito.

b) Calcule el valor del depósito mediante un modelo de valoración.

Precio actual de la acción BBVA, $S = 14$ €; $r = 4\%$; $q = 2\%$; $\sigma = 25\%$.

c) Registro contable de un inversor que deposita en el mismo 80.000 €.

Solución:

a) En el caso de pago de intereses el importe es:

$$I = 100 \times 10\% \times \frac{180}{360} = 5$$

(suponiendo que el principal del depósito es 100).

La función de pago en el vencimiento es:

$$L_T = 100 + 5 \times (1_{S_T > 100} - 1_{T_T > 115})$$

$$1_{S_T > 100} = \begin{cases} 1 & \text{si} \quad S_T > 100 \\ 0 & \text{si} \quad S_T \leqslant 100 \end{cases} \qquad 1_{S_T > 115} = \begin{cases} 1 & \text{si} \quad S_T > 115 \\ 0 & \text{si} \quad S_T \leqslant 115 \end{cases}$$

El pago contingente está formado por dos opciones digitales de compra, la primera comprada y la segunda vendida, con un importe de pago común e igual a 5, y precio de ejercicio $E_1 = 100$ y $E_2 = 115$. Las dos opciones digitales forman una opción rango cuyo precio se obtiene mediante diferencia de precio de las dos digitales. El contrato está formado por un instrumento cupón cero y la opción rango.

b) Precio del instrumento cupón cero:

$$P_0 = 100e^{-rT} = 100 \times e^{-0{,}04 \times 180/360} = 98{,}02$$

Precio de la opción digital de precio de ejercicio $E_1 = 100$ y $L = 5$.

$$CD = L \times e^{-rT}N(d_2)$$

$$d_2 = \frac{\ln\dfrac{100}{100} + \left(0{,}04 - 0{,}02 - \dfrac{0{,}25^2}{2}\right)\dfrac{180}{365}}{0{,}25\sqrt{\dfrac{180}{365}}} = -0{,}03160$$

$$N(d_2) = N(-0{,}03160) = 0{,}48740$$

$$CD = 5 \times e^{-0{,}04 \times 180/360} \times 0{,}48740 = 2{,}389$$

Precio de la opción digital de precio de ejercicio $E_1 = 115$ y $L = 5$.

$$CD = L \times e^{-rT}N(d_2)$$

$$d_2 = \frac{\ln\dfrac{100}{115} + \left(0{,}04 - 0{,}02 - \dfrac{0{,}25^2}{2}\right)\dfrac{180}{365}}{0{,}25\sqrt{\dfrac{180}{365}}} = -0{,}82769$$

$$N(d_2) = N(-0{,}82769) = 0{,}20392$$

$$CD = 5 \times e^{-0{,}04 \times 180/360} \times 0{,}20392 = 0{,}999$$

El valor razonable del depósito es:

$$VR = P_0 + CD(100) - CD(115) = 98{,}02 + 2{,}389 - 0{,}999 = 99{,}41$$

c) El registro de la entidad que invierte en el depósito sería:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
Fecha de emisión	Inversión cupón cero	78.416
	Opción digital de compra comprada	1.911,2
	Resultados financieros	472
	Opción digital de compra vendida	(799,2)
	Tesorería	(80.000)
	Descomposición de la inversión en los diferentes elementos que la componen: *Tesorería: 100% × 80.000* *Inversión cupón cero: 98,02% × 80.000* *Opción digital comprada: 2,389% × 80.000* *Opción digital vendida: 0,999% × 80.000* *Resultados financieros: (100% − 99,41%) × 80.000*	

Caso práctico 35. Depósito con opción de liquidarse en acciones

Una entidad de crédito ofrece a sus clientes un depósito con las siguientes características:

— Emisión: 31.12.20X7.
— Vencimiento: 31.12.20X9.
— Rentabilidad: 9%, liquidable a vencimiento.
— La entidad de crédito, como contrapartida a ofrecer un tipo de interés muy superior al de mercado, tiene el derecho de liquidar el principal del depósito el 31.12.20X9 mediante la entrega de acciones de la sociedad cotizada RRR, en un número equivalente a las que corresponderían al principal del depósito el 31.12.20X7.

El 31.12.20X7 se tiene la siguiente información adicional:

— La rentabilidad de depósitos al mismo plazo y fórmula de liquidación, pero sin liquidación opcional, es del 5%.
— La cotización de las acciones de la sociedad RRR es de 20 €, título.
— El tipo de interés cupón cero libre de riesgo a dos años es del 4%.
— Las opciones *put*, con precio de ejercicio 20 € y vencimiento el 31.12.20X9, son negociadas en el mercado a un precio de 2 €/opción.

a) Composición del híbrido.

b) Valor razonable del depósito.

c) Registro contable de la entidad de crédito el 31.12.20X7, suponiendo que un inversor deposita 100.000 €.

Solución:

a) La entidad de crédito ofrece un depósito que remunera por encima del tipo de mercado, a cambio de tener el derecho de liquidar el principal al vencimiento en acciones de la entidad RRR.

La entidad al vencimiento asegura un rendimiento del 10%, pudiendo amortizar el depósito con tesorería o con 5.000 acciones de la entidad RRR (100.000/20). El depósito es un híbrido, compuesto por un depósito cupón cero emitido más una opción de venta comprada.

b) La entidad necesita comprar un total de 5.000 opciones de venta para liquidar el principal con 5.000 acciones. El valor razonable de las opciones necesarias es de 10.000 € (5.000 × 2).

Al inversor hay que remunerarle por un importe total de:

$$100.000 \times (1 + 9\%)^2 = 118.810 \text{ €}$$

El cupón cero necesario para remunerar al inversor es por importe de:

$$X(1 + 4\%)^2 = 118.810$$

Despejando X, obtenemos que el valor razonable del cupón cero es de 109.846,52 €.

El valor razonable del híbrido es de 99.846,52 € (109.846,52 − 10.000).

c) El registro contable de la entidad de crédito es:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
31.12.20X7	Tesorería	100.000
	Opciones de venta compradas	10.000
	Depósito cupón cero	(109.846,52)
	Resultados financieros	(153,48)
	Por la imposición realizada por el inversor	

La entidad de crédito podría cubrir el riesgo que le originan las opciones de venta compradas vendiendo opciones de venta sobre las acciones de RRR, con un precio de ejercicio de 20 € y fecha de ejercicio el 31.12.20X9.

Caso práctico 36. Depósito con intereses vinculados al tipo de cambio del peso colombiano con el dólar

Un depósito a plazo de 365 días se quiere comercializar vinculando el tipo de interés al comportamiento del tipo de cambio del peso colombiano con el dólar. Si en el vencimiento el peso se ha apreciado o permanece igual, el tipo de interés es cero. Si en el vencimiento el peso se ha depreciado, el tipo de interés simple es del 10%.

a) Diseñe la cartera de activos que genera los flujos de liquidez del depósito.

b) Calcule el valor razonable del depósito mediante un modelo de valoración. Tipo de cambio actual S = 2.300 pesos/\$; tipo de interés continuo del peso a 365 días, 7% (base, 365); tipo de interés continuo del dólar a 365 días, 5% (base 365), y volatilidad del tipo de cambio $\sigma = 9\%$.

c) Faltando 90 días para el vencimiento del depósito se dispone de la información siguiente: tipo de cambio del peso colombiano S = 2.350 pesos/\$; tipo de interés continuo a 90 días, 7,5%; tipo de interés continuo del dólar a 90 días, 5,50%, y volatilidad del tipo de cambio, 8,5%. Estime el valor razonable del depósito.

d) En el vencimiento el tipo de cambio es S = 2.290 pesos/\$. Obtenga el valor razonable del depósito.

e) Contabilice el depósito en los libros de la entidad financiera emisora del depósito.

Solución:

a) Se trata de un instrumento híbrido, compuesto por un instrumento cupón cero y una opción digital.

En el vencimiento, los flujos son como sigue:

Si el peso se aprecia o se mantiene, la entidad abona el nominal del depósito (100).

Si el peso se deprecia, la entidad abona el nominal (100) más los intereses (10).

En cualquier caso la entidad abona 100 (instrumento cupón cero), y si el peso se deprecia, la entidad abona 10 (pago de una opción digital). La opción tiene como subyacente el dólar.

Para la entidad financiera emisora del depósito:

i) Posición corta en un instrumento cupón cero con nominal 100.

ii) Posición corta en una opción digital de compra con importe de la liquidación igual a 10, activo subyacente el dólar estadounidense y con precio de ejercicio E = 2.300 pesos/\$.

b) Valor razonable del instrumento cupón cero:

$$VR_1 = B = -Ne^{-rT} = -100 \times e^{-0{,}07 \times 365/365} = -93{,}239$$

Para la entidad financiera es un pasivo.

Valor razonable del instrumento opción digital de compra:

El modelo de valoración de una opción digital de compra es:

$$CD_0 = L \times e^{-rT} \times N(d_2) \qquad d_2 = \frac{\ln\frac{S_0}{E} + \left(r - q - \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = \frac{\ln\frac{S_0}{E} + \left(r - q - \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} = \frac{\ln\frac{2.300}{2.300} + \left(0{,}07 - 0{,}05 - \frac{0{,}09^2}{2}\right) \times \frac{365}{365}}{0{,}09 \times \sqrt{\frac{365}{365}}} =$$

$$= 0{,}17792$$

$$VR_2 = -L \times e^{-rT} \times N(d_2) = -10 \times e^{-0{,}07 \times (365/365)} \times N(0{,}17752) = -5{,}318$$

Para la entidad financiera la opción digital de compra es un pasivo.

Valor razonable del instrumento híbrido:

$$VR = VR_1 + VR_2 = -93{,}239 - 5{,}318 = -98{,}557$$

c) Valor razonable del instrumento cupón cero:

$$VR_1 = B = -Ne^{-rT} = -100 \times e^{-0{,}075 \times 90/365} = -98{,}168$$

Valor razonable del instrumento opción digital de compra:

El modelo de valoración de una opción digital de compra es:

$$CD_0 = L \times e^{-rT} \times N(d_2) \qquad d_2 = \frac{\ln\frac{S_0}{E} + \left(r - q - \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = \frac{\ln\frac{S_0}{E} + \left(r - q - \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} = \frac{\ln\frac{2.350}{2.300} + \left(0{,}075 - 0{,}055 - \frac{0{,}085^2}{2}\right) \times \frac{90}{365}}{0{,}085 \times \sqrt{\frac{90}{365}}} =$$

$$= 0{,}60526$$

$$VR_2 = -L \times e^{-rT} \times N(d_2) = 10 \times e^{-0{,}075 \times (90/365)} \times N(0{,}60526) = -7{,}142$$

Valor razonable del instrumento híbrido:

$$VR = VR_1 + VR_2 = -98{,}168 - 7{,}142 = -105{,}310$$

d) El peso se ha apreciado y, por tanto, el subyacente, que es el dólar, se ha depreciado; luego la opción de compra está fuera de dinero y su valor en el vencimiento es nulo.

$$VR_1 = -100 \qquad VR_2 = 0$$

$$VR = VR_1 + VR_2 = -100 - 0 = -100$$

e) El registro contable será:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
Fecha de emisión	Tesorería	100
	Depósito cupón cero	(93,239)
	Opción digital de compra vendida	(5,318)
	Resultados financieros	(1,443)
	Descomposición del depósito híbrido en los diferentes elementos que los componen. La diferencia entre el valor de los diferentes elementos y la tesorería recibida es una ganancia.	
90 días antes del vencimiento	Resultados financieros	4,929
	Depósito cupón cero	(4,929)
	Incremento de valor del depósito cupón cero: 98,168 − 93,239	
	Resultados financieros	1,824
	Opción digital de compra vendida	(1,824)
	Por el incremento del valor razonable de la opción digital, con cargo a resultados: 7,142 − 5,318	
Fecha de vencimiento	Resultados financieros	1,832
	Depósito cupón cero	(1,832)
	Incremento de valor del depósito cupón cero: 100 − 98,168	
	Depósito cupón cero	100
	Tesorería	(100)
	Liquidación del cupón	
	Opción digital de compra vendida	7,142
	Resultados financieros	(7,142)
	Eliminación del pasivo, al ser cero el valor razonable de la opción (no tiene que pagar), contra resultados.	

En la fecha de liquidación de la opción digital, el subyacente se sitúa en 2.290 pesos/$, es decir, se ha apreciado el peso frente al dólar, por lo que el banco no tiene que pagar intereses en el momento de la liquidación.

Caso práctico 37. Depósito a plazo cuyo tipo de interés depende del tipo de cambio del euro con el dólar

Un depósito a plazo de un año, en euros, se comercializa vinculando el tipo de interés al comportamiento del tipo de cambio del euro con el dólar. Si en el vencimiento el dólar se deprecia respecto al valor que tiene en la fecha de contratación del depósito, o permanece igual, el tipo de interés es cero. Si en el vencimiento el dólar se aprecia, el tipo de interés del depósito es del 7% (interés simple).

a) Diseñe la cartera de instrumentos que genera los flujos de liquidez del contrato.

b) Calcule el valor razonable del depósito mediante un modelo de valoración.

Datos: tipo de interés continuo a un año de plazo en euros, 4%; tipo de interés continuo del dólar a un año, 5%; volatilidad del tipo de cambio $\sigma = 8\%$.

c) Registro contable en el momento de la inversión de una entidad que deposite en el mismo 100.000 €.

d) Registro contable de la entidad financiera por esta operación, suponiendo que utiliza el mismo modelo y datos en la valoración.

Solución:

a) El flujo contingente es el mismo que el generado por una opción digital de compra. El importe de la liquidez contingente es el importe de los intereses.

$$I = N \times i \times t = 100 \times 7\% \times 1 = 7$$

En el vencimiento la liquidación se puede expresar así:

$$L_T = 100 + 7 \times i_{e_T > e_0}$$

donde e_T es el tipo de cambio en el vencimiento y e_0 es el tipo de cambio en la fecha inicial de contratación del depósito.

El contrato de depósito es equivalente a una cartera formada por un instrumento de deuda de nominal 100, cupón cero, y una opción digital de compra comprada.

b) La valoración del instrumento cupón cero es:

$$VR = 100 \times e^{-0,04} = 96,079$$

El valor razonable de la opción *put* digital es:

$$PD = Le^{-iT}N(-d_2)$$

Se verifica que el precio de ejercicio de la opción digital es $E = e_0$.

$$d_2 = \frac{\ln\frac{S}{E} + \left(r - q - \frac{\sigma^2}{2}\right)1}{\sigma\sqrt{T}} = \frac{\ln\frac{e_0}{e_0} + \left(0{,}04 - 0{,}05 - \frac{0{,}08^2}{2}\right)1}{0{,}08\sqrt{1}} = -0{,}16500$$

$$N(-d_2) = N(0{,}16500) = 0{,}56553$$

$$PD = Le^{-iT}N(-d_2) = 7 \times e^{-0{,}04 \times 1} \times 0{,}56553 = 3{,}803$$

El valor razonable del depósito es:

$$VR = 96{,}079 + 3{,}803 = 99{,}882$$

c) El registro de la entidad que invierte en el depósito sería:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
Fecha de emisión	Inversión cupón cero	96.079
	Opción digital de compra comprada	3.803
	Resultados financieros	118
	Tesorería	(100.000)
	Descomposición de la inversión en los diferentes elementos que la componen: *Tesorería: 100% × 100.000* *Inversión cupón cero: 96,079% × 100.000* *Opción digital de compra: 3,803% × 100.000* *Resultados financieros: (100% − 99,882%) × 100.000*	

CAPÍTULO 7

d) El registro de la entidad emisora del depósito sería:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
Fecha de emisión	Tesorería	100.000
	Opción digital de compra vendida	(3.803)
	Depósito cupón cero	(96.079)
	Resultados financieros	(118)
	Descomposición del depósito en los diferentes elementos que lo componen: *Tesorería: 100% × 100.000* *Depósito cupón cero: 96,079% × 100.000* *Opción digital de compra vendida: 3,803% × 100.000* *Resultados financieros: (100% − 99,882%) × 100.000*	

El precio de la transacción es superior al valor razonable, recogiendo la entidad emisora un resultado por la diferencia (118 €).

La normativa del IASB establece que si la entidad emite el depósito, existiendo un mercado activo para el mismo, la entidad deberá registrar en el momento de la emisión en la cuenta de resultados, cualquier diferencia entre el valor razonable y el precio de la transacción. Si no existe un mercado activo, la entidad obtendrá el valor razonable del depósito por medio de una técnica de valoración y en el supuesto de que el valor razonable del depósito difiera del precio de la transacción, sólo reconocerá la diferencia en la cuenta de resultados cuando concurra una de estas situaciones:

a) La valoración puede evidenciarse mediante una transacción de un instrumento con las mismas características, sin modificar o agrupar, en un mercado al que la entidad tuviese acceso inmediato.

b) La valoración puede evidenciarse mediante una técnica de valoración que utilizase datos observables en el mercado. Si los datos observados en el mercado no incluyese el riesgo de crédito u otros factores que el mercado consideraría, la entidad debería ajustar los datos con dichos factores.

En el supuesto de que no pueda evidenciarse la valoración, no se podrán reconocer los resultados hasta que existan datos observables, o se produzca un cambio en los factores que afectan a la valoración.

La normativa del FASB, por el contrario, no requiere la existencia de un mercado activo. Esta normativa indica que la evidencia más clara del valor razonable es, en primer lugar, un precio cotizado en un mercado para el mismo instrumento pudiendo acceder la entidad en ese momento al mismo, en segundo lugar, un método de valoración que sólo considere datos observables en el mercado, en tercer lugar, un método de valoración que incorpore datos no observables.

Caso práctico 38. Emisión de una nota estructurada

Una nota estructurada emitida por un emisor mexicano, en pesos mexicanos, paga un cupón anual cuya tasa de interés viene dada por los siguientes datos:

— Nominal: 10 millones de pesos.

— Vencimiento: tres años.

— Amortización: a la par 100% del nominal.

— Tipo de interés cupón aplicado al nominal:

$$i(\%) = \text{Máx}\left(4\%,\ 4\% + 100 \times \left(\frac{11 - R}{11}\right)\%\right)$$

donde R es el tipo de cambio en la fecha de pago del cupón en pesos mexicanos por un dólar.

a) Diseñe la cartera de activos que genera los flujos de liquidez de la nota estructurada.

b) Calcule el valor razonable de la nota mediante un modelo de valoración suponiendo que:

Volatilidad tipo de cambio a uno, dos y tres años:

$$\sigma_1 = 8\% \qquad \sigma_2 = 9\% \qquad \sigma_3 = 8{,}5\%$$

Tipo de cambio actual $R = 11$ pesos/\$.

Prima de riesgo del emisor 150 puntos básicos.

Tipos de interés cupón cero

	1 año	2 años	3 años
Peso mexicano	7%	7,5%	8%
Dólar EE.UU.	5%	5,3%	5,5%

También dispone de la siguiente información:

Se han obtenido estimaciones de las probabilidades de incumplimiento del emisor a uno, dos y tres años suponiendo que la tasa de pérdida dado el incumplimiento es constante e igual al 50%.

$$PD_1 = 2{,}7\% \qquad PD_2 = 3\% \qquad PD_3 = 3{,}15\%$$

c) Contabilidad de la emisión de la nota estructurada.

Solución:

a) El tipo de interés se puede escribir:

$$i(\%) = \text{Máx}\left(4\%,\ 4\% + 100 \times \left(\frac{11 - R}{11}\right)\right) = 4\% + \text{Máx}\left(0,\ 100 \times \left(\frac{11 - R}{11}\right)\right)$$

Es decir, equivale a un cupón fijo del 4% anual y un flujo contingente de importe:

$$\text{Máx}\left(0,\ 100\,\frac{11 - R}{11}\right) = \frac{100}{11}\,\text{Máx}\,(0,\ 11 - R)$$

Esta última expresión corresponde a la función de pago de opciones de venta sobre el dólar con precio de ejercicio $E = 11$ pesos/\$ y vencimiento en cada fecha de pago de cupón, con nocionales 100/11.

La nota estructurada se puede descomponer en un instrumento de deuda con cupón fijo del 4%, pagos anuales, vencimiento a los tres años a la par y tres opciones estándar europeas con precio de ejercicio $E = 11$ pesos/\$, vencimientos a uno, dos y tres años, con nocionales 100/11.

b) Valoración del instrumento de deuda:

$$P_0 = \frac{4\%}{1 + 7\% + 1{,}5\%} + \frac{4\%}{(1 + 7\% + 1{,}5\%)^2} + \\ + \frac{4\%}{(1 + 7\% + 1{,}5\%)^3} + \frac{104\%}{(1 + 7\% + 1{,}5\%)^4} = 86{,}3\%$$

Valoración de las opciones:

$$P = Ee^{-rT}N(-d_2) - Re^{-r^*T}N(-d_1)$$

$$d_1 = \frac{\ln\dfrac{R}{E} + \left(r - r^* + \dfrac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \qquad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

Primera opción:

$R = 11 \qquad E = 11 \qquad r = 7\% \qquad r^* = 5\% \qquad \sigma = 8\% \qquad T = 1$

$$d_1 = \frac{\ln\dfrac{R}{E} + \left(r - r^* + \dfrac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} = \frac{\ln\dfrac{11}{11} + \left(0{,}07 - 0{,}05 + \dfrac{0{,}08^2}{2}\right)1}{0{,}08\sqrt{1}} = 0{,}29$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T} = 0{,}29 - 0{,}08\sqrt{1} = 0{,}21$$

$$P = Ee^{-rT}N(-d_2) - Re^{-r^*T}N(-d_1) = 11e^{-0{,}07 \times 1}N(-0{,}21) -$$
$$- 11e^{-0{,}05 \times 1}N(-0{,}29) = 0{,}237$$

Segunda opción:

$R = 11 \qquad E = 11 \qquad r = 7{,}5\% \qquad r^* = 5{,}3\% \qquad \sigma = 9\% \qquad T = 2$

$$d_1 = \frac{\ln\frac{R}{E} + \left(r - r^* + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} = \frac{\ln\frac{11}{11} + \left(0{,}075 - 0{,}053 + \frac{0{,}09^2}{2}\right)2}{0{,}09\sqrt{2}} =$$
$$= 0{,}40934$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T} = 0{,}40934 - 0{,}09\sqrt{2} = 0{,}28206$$

$$P = Ee^{-rT}N(-d_2) - Re^{-r^*T}N(-d_1) = 11e^{-0{,}075 \times 2}N(-0{,}28206) -$$
$$- 11e^{-0{,}053 \times 2}N(-0{,}40934) = 0{,}307$$

Tercera opción:

$R = 11 \qquad E = 11 \qquad r = 8{,}0\% \qquad r^* = 5{,}5\% \qquad \sigma = 8{,}5\% \qquad T = 3$

$$d_1 = \frac{\ln\frac{R}{E} + \left(r - r^* + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} = \frac{\ln\frac{11}{11} + \left(0{,}08 - 0{,}055 + \frac{0{,}085^2}{2}\right)3}{0{,}085\sqrt{3}} =$$
$$= 0{,}58304$$

CAPÍTULO 7

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T} = 0{,}58304 - 0{,}085\sqrt{3} = 0{,}43581$$

$$P = Ee^{-rT}N(-d_2) - Re^{-r^*T}N(-d_1) = 11e^{-0{,}08 \times 3}N(-0{,}43581) -$$
$$- 11e^{-0{,}055 \times 3}N(-0{,}58304) = 0{,}257$$

En esta valoración no se ha tenido en cuenta el riesgo de contraparte (riesgo de crédito) del emisor respecto a los pagos contingentes calculados.

Para la valoración hay que considerar la pérdida esperada actualizada. El precio de la opción considerando el riesgo de crédito es:

$$P^* = P - PE \times e^{-rT}$$

dado que al precio de la opción calculado sin riesgo de crédito hay que restarle la pérdida espera actualizada. La pérdida esperada es $PE = PD \times E(EAD) \times LGD$, siendo PD la probabilidad de incumplimiento, $E(EAD)$ el valor esperado de la exposición en la fecha de incumplimiento (consideramos que es en el vencimiento de cada opción) y LGD el valor esperado de la pérdida dado el incumplimiento.

Hay que señalar que las probabilidades de incumplimiento deben ser los riesgos neutrales, es decir, aquellas que se obtienen al igualar el precio de un instrumento de deuda del emisor al valor esperado.

El valor esperado de la exposición se obtiene, en este caso, por la fórmula de valoración riesgo neutral de la opción. Se verifica que:

$$P_0 = e^{-rT}E(P_T)$$

El valor esperado de la exposición en el vencimiento es:

$$E(EAD) = E[\text{Máx}\,(0,\ E - R)] = E(P_T)$$

$$P_0 = e^{-rT}E(P_T) = e^{-rT}E(EAD) \qquad E(EAD) = e^{rT}P_0$$

La pérdida esperada queda:

$$PE = PD \times E(EAD) \times LGD = PD \times e^{rT}P_0 \times LGD$$

La pérdida esperada actualizada es:

$$PEe^{-rT} = PD \times e^{rT}P_0 \times LGD \times e^{-rT} = PD \times P_0 \times LGD$$

Vamos a calcular el valor de la pérdida esperada actualizada para cada opción:

$$VA(PE)_1 = PD_1 \times P_{01} \times LGD = 2{,}7\% \times 2{,}157 \times 50\% = 0{,}029$$

$$VA(PE)_2 = PD_2 \times P_{02} \times LGD = 3\% \times 2{,}794 \times 50\% = 0{,}042$$

$$VA(PE)_3 = PD_3 \times P_{03} \times LGD = 3{,}15\% \times 2{,}340 \times 50\% = 0{,}037$$

Los precios de las opciones teniendo el riesgo de contraparte son:

$$P^*_{01} = P_{01} - VA(PE)_1 = \frac{100}{11}\,0{,}237 - 0{,}029 = 2{,}127$$

$$P^*_{02} = P_{02} - VA(PE)_2 = \frac{100}{11}\,0{,}307 - 0{,}042 = 2{,}752$$

$$P^*_{03} = P_{03} - VA(PE)_3 = \frac{100}{11}\,0{,}257 - 0{,}037 = 2{,}303$$

El valor razonable de la nota es:

$$VR = 86{,}27 + 2{,}127 + 2{,}752 + 2{,}303 = 93{,}448\%$$

c) El registro contable será (en millones de pesos):

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
Fecha de emisión	Tesorería	100
	Depósito cupón cero	(86,27)
	Opción estándar europea vendida	(2,127)
	Opción estándar europea vendida	(2,752)
	Opción estándar europea vendida	(2,303)
	Resultados financieros	(1.266)
	Por la descomposición de la nota en los diferentes elementos que lo componen. La diferencia entre el valor razonable total del elemento, obtenido como la suma del valor razonable de cada uno de sus componentes, y la tesorería recibida es un beneficio.	

Caso práctico 39. Adquisición de una nota estructurada

Una entidad financiera emite una nota estructurada con los siguientes datos:

Vencimiento: tres años.

Divisa: dólar de EE.UU.

Subyacente: Índice Standard & Poor's 500.

Factor de participación: $FP = 41\%$.

Precio de emisión: 100% del nominal.

Fecha de la emisión: 14.11.20X3.

Fecha del vencimiento: 14.11.20X6.

Valor nominal: 1.000 $.

Amortización en el vencimiento: A_T.

Siendo:

$$A_T = N + N \times FP \times \text{Máx}\left(\frac{NRF - NRI}{NRI}, 0\right)$$

NRI: Nivel de referencia inicial = Índice Standard & Poor's 500 en la fecha de la emisión.

NRF: Nivel de referencia final = Índice Standard & Poor's 500 en la fecha del vencimiento.

a) Identifique los instrumentos financieros que generan los flujos de caja de la nota.

b) Estime el valor razonable sin considerar el riesgo de crédito. Información: tipo de interés cupón cero libre de riesgo a tres años de plazo $z = 4{,}15\%$, volatilidad $\sigma = 22\%$, tasa de dividendos $q = 1{,}7\%$.

c) Registros contables de una entidad inversora europea que adquiere una nota en la fecha de emisión, siendo el tipo de cambio 1 $ = 1 €.

Solución:

a) Los instrumentos que componen esta nota son los siguientes: Instrumento cupón cero + Opción *call* multiplicada por el factor de participación.

b) Valor razonable del bono:

$$B = \frac{100}{(1 + 4{,}15\%)^3} = 88{,}516$$

Valor razonable de la opción:

Inputs		Outputs	
Precio activo	100,00	Opciones europeas	
Precio ejercicio	100,00	*Call*	17,471
Tasa libre de riesgo	4,15%	*Put*	10,737
Volatilidad	22,00%	Precio *forward*	107,627
Tiempo	3,0000		
Rendimiento activo	1,70%		

$$FP \times Call = 0{,}41 \times 17{,}471 = 7{,}163$$

El valor razonable de la nota es:

$$VR = 88{,}516 + 7{,}163 = 95{,}679$$

c) El registro contable de la entidad inversora es:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
14.11.20X3	Depósito cupón cero	88.516
	Opciones de compra compradas	7.163
	Resultados financieros	4.321
	Tesorería	(100.000)
	Por la compra realizada por el inversor	

Caso práctico 40. Emisión (adquisición) de una nota estructurada

Una nota estructurada cupón cero se emite a la par, siendo el valor nominal 1.000 €, con vencimiento al tercer año. En el vencimiento la amortización se realiza mediante la expresión:

$$A_T = N \times \left(100\% + \text{mín}\left(9\%;\ \text{máx}\left(0\%, \frac{S_T - S_0}{S_0}\right)\right)\right)$$

siendo:

S_T: Valor del activo subyacente en el vencimiento.

S_0: Valor del activo subyacente en la fecha de emisión de la nota.

a) Identifique los instrumentos que generan los flujos de liquidez de la nota.

b) Obtenga el valor razonable de la nota sin considerar el riesgo de contraparte.

c) Suponiendo que una entidad inversora adquiere una nota estructurada en la fecha de emisión, registros contables de la entidad emisora e inversora por dicha inversión.

Solución:

a) Los mismos flujos de caja de esta nota se consiguen con un cupón cero; una opción estándar de compra, comprada, con precio de ejercicio $E = 100$ y una opción estándar de compra, vendida, con precio de ejercicio $E = 109$.

b) El valor razonable será la suma de los valores razonables de sus componentes:

$$\text{Instrumento cupón cero: } \frac{100}{(1 + 5\%)^3} = 86{,}384$$

Opción estándar $E = 100$.

Inputs		Outputs	
Precio activo	100,00	Opciones europeas	
Precio ejercicio	100,00	*Call*	15,043
Tasa libre de riesgo	5,00%	*Put*	9,721
Volatilidad	20,00%	Precio *forward*	106,184
Tiempo	3,0000		
Rendimiento activo	3,00%		

Opción estándar $E = 109$.

Inputs		Outputs	
Precio activo	100,00	Opciones europeas	
Precio ejercicio	109,00	*Call*	11,558
Tasa libre de riesgo	5,00%	*Put*	13,982
Volatilidad	20,00%	Precio *forward*	106,184
Tiempo	3,0000		
Rendimiento activo	3,00%		

Valor razonable = Instrumento cupón cero + Opción estándar de compra ($E = 100$) − Opción estándar de compra ($E = 109$)

$$VR = 86{,}384 + 15{,}043 - 11{,}558 = 89{,}869$$

c) El registro contable de la entidad inversora es:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
Emisión	Depósito cupón cero	86.384
	Opciones de compra comprada	15.043
	Resultados financieros	10.131
	Opción de compra vendida	(11.558)
	Tesorería	(100.000)
	Por la compra realizada por el inversor	

El registro contable de la entidad emisora es:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
Emisión	Tesorería	100.000
	Opción de compra comprada	11.558
	Opciones de compra vendida	(15.043)
	Depósito cupón cero	(86.384)
	Resultados financieros	(10.131)
	Por la emisión de una nota	

Caso práctico 41. Adquisición de un certificado

Una entidad emite certificados con las siguientes características:

Precio de emisión: 1.000 $ por certificado.

Fecha de emisión: 31 de mayo de 20X5.

Fecha de vencimiento: 31 de mayo de 20X8.

Subyacente: Dow Jones, EuroStoxx 50, Index.

Precio Inicial (PI): el valor del Dow Jones, EuroStoxx 50, Index el 31 de mayo de 20X5.

Precio Final (PF): el valor del Dow Jones, EuroStoxx 50, Index el 31 de mayo de 20X8.

Precio Barrera Alta (PBA): 100% del Precio Inicial.

Precio Barrera Baja (PBB): 75% del Precio Inicial.

Participación Alta (PA): 100%.

Participación Baja (PB): 100%.

Divisa de liquidación: dólares EE.UU.

Intereses: 0.

Liquidación en el vencimiento:

1. Si en el vencimiento el Precio Final está por encima del Precio Barrera Alta:

$$L_T = 1.000 \times PA \times \frac{PF}{PI}$$

2. Si en el vencimiento el Precio Final está por debajo del Precio Barrera Alta y por encima del Precio Barrera Baja:

$$L_T = 1.000 \times \left[100\% + \frac{PB \times (PBA - PF)}{PI} \right]$$

3. Si en el vencimiento el precio final está por debajo del Precio Barrera Baja:

$$L_T = 1.000 \times \frac{PF}{PI}$$

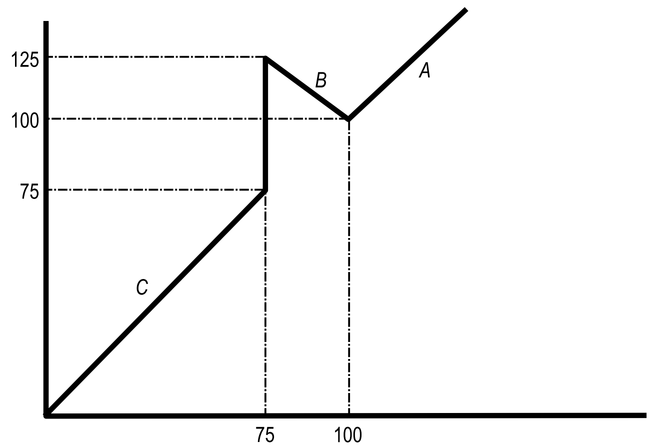
a) Identifique los instrumentos financieros que generan los flujos de caja del certificado.

b) Valoración (sin considerar el riesgo de crédito) suponiendo que el tipo de interés cupón cero libre de riesgo es $z = 4\%$, la volatilidad $\sigma = 20\%$, la tasa de dividendos $q = 2\%$.

c) Contabilidad de una entidad inversora que adquiere cien certificados en la fecha de emisión a la par.

Solución:

a) La función de pago de este certificado es (suponiendo que 100 es el valor inicial del índice):



Este certificado presenta tres tramos (A, B, C) que tenemos que valorar. Cada tramo representa una función de pago que identificamos con instrumentos conocidos que sabemos valorar. Los instrumentos financieros que forman cada tramo del certificado son:

Tramo A: Opción *call* estándar + Opción *call* digital.

Tramo B: Opción rango (diferencia de dos opciones digitales) +

+ Opción *put* − Opción *put* digital − Opción *put*

Tramo C: Opción *put* digital − Opción *put*

Esta composición la podemos representar así:

$$AT = A + B + C$$

$$A = C(100) + CD(100,\ 100)$$

$$B = F + G = PD(100,\ 100) - PD(75,\ 100) + P(100) - PD(75,\ 25) - P(75)$$

$$C = PD(75,\ 75) - P(75)$$

$$AT = C(100) + CD(100,\ 100) + PD(100,\ 100) - PD(75,\ 100) + P(100) - PD(75,\ 25) - P(75) + PD(75,\ 75) - P(75)$$

b) El valor razonable de cada tramo lo calculamos como sigue:

Tramo *A*

Inputs		Outputs	
Precio activo	100,00	Opciones europeas	
Precio ejercicio	100,00	*Call*	13,778
Tasa libre de riesgo	4,00%	*Put*	11,077
Volatilidad	20,00%	Precio *forward*	103,045
Tiempo	3,0000		
Rendimiento activo	3,00%		

Input		Output	
Precio activo	100	*Asset-or-nothing call*	55,064
Precio ejercicio	100	*Asset-or-nothing put*	36,329
Tasa libre de riesgo	4,00%		
Volatilidad	20,00%	*Cash-or-nothing call*	41,286
Tiempo	3	*Cash-or-nothing put*	47,406
Rendimiento activo	3,00%		
Liquidación	100	*Call* europea	13,778
		Put europea	11,077

Tramo *B*

Input		Output	
Precio activo	100	*Asset-or-nothing call*	55,064
Precio ejercicio	100	*Asset-or-nothing put*	36,329
Tasa libre de riesgo	4,00%		
Volatilidad	20,00%	*Cash-or-nothing call*	41,286
Tiempo	3	*Cash-or-nothing put*	47,406
Rendimiento activo	3,00%		
Liquidación	100	*Call* europea	13,778
		Put europea	11,077

Input		Output	
Precio activo	100	*Asset-or-nothing call*	78,799
Precio ejercicio	75	*Asset-or-nothing put*	12,594
Tasa libre de riesgo	4,00%		
Volatilidad	20,00%	*Cash-or-nothing call*	68,428
Tiempo	3	*Cash-or-nothing put*	20,264
Rendimiento activo	3,00%		
Liquidación	100	*Call* europea	27,479
		Put europea	2,605

Inputs		Outputs	
Precio activo	100,00	Opciones europeas	
Precio ejercicio	100,00	*Call*	13,778
Tasa libre de riesgo	4,00%	*Put*	11,077
Volatilidad	20,00%	Precio *forward*	103,045
Tiempo	3,0000		
Rendimiento activo	3,00%		

Input		Output	
Precio activo	100	*Asset-or-nothing call*	78,799
Precio ejercicio	75	*Asset-or-nothing put*	12,594
Tasa libre de riesgo	4,00%		
Volatilidad	20,00%	*Cash-or-nothing call*	17,107
Tiempo	3	*Cash-or-nothing put*	5,066
Rendimiento activo	3,00%		
Liquidación	25	*Call* europea	27,479
		Put europea	2,605

Inputs		Outputs	
Precio activo	100,00	Opciones europeas	
Precio ejercicio	75,00	*Call*	27,479
Tasa libre de riesgo	4,00%	*Put*	2,605
Volatilidad	20,00%	Precio *forward*	103,045
Tiempo	3,0000		
Rendimiento activo	3,00%		

El tramo C

Input		Output	
Precio activo	100	*Asset-or-nothing call*	78,799
Precio ejercicio	75	*Asset-or-nothing put*	12,594
Tasa libre de riesgo	4,00%		
Volatilidad	20,00%	*Cash-or-nothing call*	51,321
Tiempo	3	*Cash-or-nothing put*	15,198
Rendimiento activo	3,00%		
Liquidación	75	*Call* europea	27,479
		Put europea	2,605

Inputs		Outputs	
Precio activo	100,00	Opciones europeas	
Precio ejercicio	75,00	*Call*	27,479
Tasa libre de riesgo	4,00%	*Put*	2,605
Volatilidad	20,00%	Precio *forward*	103,045
Tiempo	3,0000		
Rendimiento activo	3,00%		

El valor razonable del certificado es:

$A = 13{,}778 + 41{,}286 = 55{,}064$

$F = 47{,}406 - 20{,}264 = 27{,}142$

$G = 11{,}077 - 2{,}605 - 5{,}066 = 3{,}406$

$B = 27{,}142 - 3{,}406 = 30{,}548$

$C = 15{,}198 - 2{,}605 = 12{,}594$

A_T (en el momento de la emisión) $= A + B + C = 98{,}206$

c) El registro contable de la entidad inversora es:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
31.05.X5	Opción *call* comprada	13.778
	Opción *call* digital comprada	41.286
	Opción *put* digital comprada	47.406
	Opción *put* comprada	11.077
	Opción *put* digital comprada	15.198
	Resultados financieros	1.794
	Opción *put* digital vendida	(20.264)
	Opción *put* digital vendida	(5.066)
	Opción *put* vendida	(2.605)
	Opción *put* vendida	(2.605)
	Tesorería	(100.000)
	Por la compra realizada por el inversor	

Caso práctico 42. Valoración de una nota estructurada con cupones independientes

Una empresa emite notas estructuradas que coloca en el mercado por el valor nominal. El plazo de la emisión es tres años. En el vencimiento la nota tiene un valor de amortización que depende del comportamiento del IBEX-35.

Sea S_T el valor de cierre del IBEX-35 en la fecha de vencimiento y S_0 el valor de cierre en la fecha de emisión de las notas. El importe de la amortización A_T en el vencimiento se rige por la condición siguiente, denominando 100 el importe del nominal de la nota:

$$A_T = \begin{cases} 100 & \text{si} \quad R_T = \dfrac{S_T - S_0}{S_0} > -20\% \\ \dfrac{100^2}{80} \times (1 + R_T) & \text{si} \quad R_T = \dfrac{S_T - S_0}{S_0} \leqslant -20\% \end{cases}$$

El importe de los cupones se determina mediante la expresión:

$$C_j = i_j \times 100 \qquad j = 1, 2, 3$$

$i_1 = 9\%$ si en el primer año la rentabilidad del IBEX-35 iguala o supera algún día el 15% medida desde la fecha de emisión. En el caso contrario, $i_1 = 0\%$.

$i_2 = 9\%$ si en el segundo año la rentabilidad del IBEX-35 iguala o supera algún día el 15% medida desde la fecha de pago del primer cupón. En el caso contrario, $i_2 = 0\%$.

$i_3 = 9\%$ si en tercer año la rentabilidad del IBEX-35 iguala o supera algún día el 15% medida desde la fecha de pago del segundo cupón. En el caso contrario, $i_3 = 0\%$.

a) Identifique los instrumentos financieros que generan los mismos flujos de liquidez que la nota estructurada.

b) Valore la nota (sin considerar el riesgo de crédito del emisor) en la fecha de emisión suponiendo que la volatilidad del IBEX-35 para todos los plazos es $\sigma = 18\%$, los tipos de interés cupón cero libre de riesgo a plazos de uno, dos y tres años son $z_1 = 4{,}25\%$, $z_2 = 4{,}29\%$, $z_3 = 4{,}32\%$ y la tasa de dividendos del IBEX-35, en forma continua, es $q = 3{,}5\%$.

Solución:

a) El importe de la liquidación del principal de esta nota puede resumirse así:

si $S_T \geqslant 80 \qquad A_T = 100$

si $S_T < 80 \qquad A_T = \dfrac{100^2}{80}(1 + R_T) =$

$$= A_T = \frac{100^2}{80}\left(1 + \frac{S_T - S_0}{S_0}\right) = \frac{100^2}{80}\frac{S_T}{S_0} = \frac{100}{80} S_T$$

Los instrumentos que componen esta liquidación del principal son:

$$A_T = CD(80,\ 100) + PD(80,\ 100) - \frac{5}{4} P(80) = 100 - \frac{5}{4} P(80)$$

b) El valor razonable de la liquidación del principal es:

Inputs		Outputs	
Precio activo	100,00	Opciones europeas	
Precio ejercicio	80,00	*Call*	22,745
Tasa libre de riesgo	4,32%	*Put*	2,988
Volatilidad	18,00%	Precio *forward*	102,491
Tiempo	3,0000		
Rendimiento activo	3,50%		

$$A_0 = \frac{100}{(1 + 4{,}32\%)^3} - \frac{5}{4}\, 2{,}988 = 84{,}349$$

El valor razonable de los cupones es:

Primer cupón:

Precio activo	100	*Up and in*	4,993
Precio ejercicio	100	*Up and out*	3,720
Tipo de interés	4,25%	*Down and in*	#######
Volatilidad	18,00%	*Down and out*	#######
Tiempo a vencimiento	1		
Rendimiento activo	3,50%		
Barrera	115		
Rebate	9		

Segundo cupón:

	1	2	3
contado	**4,25%**	**4,29%**	**4,32%**
forward	4,25%	4,33%	4,38%

Precio activo	100	*Up and in*	4,976
Precio ejercicio	100	*Up and out*	3,731
Tipo de interés	4,33%	*Down and in*	#######
Volatilidad	18,00%	*Down and out*	#######
Tiempo a vencimiento	1		
Rendimiento activo	3,50%		
Barrera	115		
Rebate	9		

$$C(2) = \frac{3{,}731}{1 + 4{,}25\%} = 3{,}579$$

Tercer cupón:

Precio activo	100	*Up and in*	4,965
Precio ejercicio	100	*Up and out*	3,739
Tipo de interés	4,38%	*Down and in*	#######
Volatilidad	18,00%	*Down and out*	#######
Tiempo a vencimiento	1		
Rendimiento activo	3,50%		
Barrera	115		
Rebate	9		

$$C(3) = \frac{3{,}739}{(1 + 4{,}29\%)^2} = 3{,}438$$

El valor razonable de la nota es la suma del valor razonable de la amortización contingente:

$$A_T = 84{,}349$$

más los cupones:

$$C(1) + C(2) + C(3) = 3{,}720 + 3{,}579 + 3{,}438 = 10{,}737$$

$$VR = 84{,}349 + 10{,}737 = 95{,}086$$

Caso práctico 43. Valoración de una nota estructurada con cupones dependientes

Una nota estructurada se emite el 30 de junio de 20X4 y vence el 30 de junio de 20X8. El subyacente es el índice Nasdaq 100. Los cupones se pagan en las siguientes fechas: 30.06.20X5, 30.06.20X6, 2.07.20X7, 30.06.20X8. La nota está emitida en dólares de EE.UU.

Determinación de los cupones:

Primer año:

$$C(1) = \begin{cases} 9{,}20\% & \text{si} \quad P_1 > P_0 \\ 0\% & \text{si} \quad P_1 \leqslant P_0 \end{cases}$$

Segundo año:

$$C(2) = \begin{cases} 18{,}40\% & \text{si} \quad P_2 > P_1 \ \text{y} \ C(1) = 0 \\ 9{,}20\% & \text{si} \quad P_2 > P_1 \ \text{y} \ C(1) > 0 \\ 0\% & \text{si} \quad P_2 \leqslant P_1 \end{cases}$$

Tercer año:

$$C(3) = \begin{cases} 27{,}60\% & \text{si} \quad P_3 > P_2 \ \text{y} \ C(1) = C(2) = 0 \\ 18{,}40\% & \text{si} \quad P_3 > P_2 \ \text{y} \ C(1) > 0 \ \text{y} \ C(2) = 0 \\ 9{,}20\% & \text{si} \quad P_3 > P_2 \ \text{y} \ C(2) > 0 \\ 0\% & \text{si} \quad P_3 \leqslant P_2 \end{cases}$$

Cuarto año:

$$C(4) = \begin{cases} 36{,}80\% & \text{si} \quad P_4 > P_3 \ \text{y} \ C(1) = C(2) = C(3) = 0 \\ 27{,}60\% & \text{si} \quad P_4 > P_3 \ \text{y} \ C(1) > 0 \ \text{y} \ C(2) = C(3) = 0 \\ 18{,}40\% & \text{si} \quad P_4 > P_3 \ \text{y} \ C(2) > 0 \ \text{y} \ C(3) = 0 \\ 9{,}20\% & \text{si} \quad P_4 > P_3 \ \text{y} \ C(3) > 0 \\ 0\% & \text{si} \quad P_4 \leqslant P_3 \end{cases}$$

La amortización se realiza según la siguiente fórmula:

$$A_T = \begin{cases} N & \text{si} \quad P_4 \geqslant 70\% \times P_0 \\ \dfrac{P_4}{P_0} \times N & \text{si} \quad P_4 < 70\% \times P_0 \end{cases}$$

siendo:

N: Nominal de la nota.

P_0, P_1, P_2, P_3 y P_4: Valores del índice Nasdaq 100 los días 30.6.20X4, 30.6.20X5, 30.6.20X6, 2.7.20X7 y 30.6.20X8, respectivamente.

a) Analice el valor razonable y el registro contable de la nota (sin considerar el riesgo de contraparte), suponiendo que $i = 4\%$, $\& = 35\%$ y $q = 0$.

Solución:

a) El valor razonable de la nota será igual al valor razonable de la amortización del principal más el valor razonable de los cupones. Analicemos primeramente la amortización del principal y seguidamente la amortización de los cupones.

Amortización del principal. Supongamos que el Nasdaq inicialmente tiene base 100:

Fechas de pago 1, 2, 3, 4.

Si $P(4) \geqslant 70 \qquad A(4) = 100$

Si $P(4) < 70 \qquad A(4) = 100 \times \dfrac{P(4)}{S(0)} = 100 \times \dfrac{P(4)}{100} = P(4)$

$$A(4) = 100 - Put\,(E = 70) - Put \text{ digital } (E = 70,\ L = -30)$$

$$A(0) = \frac{100}{(1+i)^4} - \left(100 \times \frac{1}{(1+i)^4} N(-d_2) - 100 \times N(-d_1)\right) - \\ - 30 \times \frac{1}{(1+i)^4} N(-d_2)$$

$$d_1 = \frac{\ln (P(0)/E) + (i + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}} \qquad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

La amortización de la nota es equivalente a:

— Un cupón cero.
— Una opción *put* vendida de precio de ejercicio 70.
— Una opción *put* digital vendida de precio de ejercicio 70.

El valor razonable del principal de la nota es igual a la suma de cada uno de sus componentes:

Hipótesis: $i = 4\% \qquad \sigma = 35\% \qquad q = 0$

$$\frac{100}{(i + i)^4} = 85{,}480 \qquad P(70) = 6{,}989 \qquad PD(70,\ 30) = 8{,}921$$

$$A(0) = 85{,}480 - 6{,}989 - 8{,}921 = 69{,}571$$

Al valor razonable obtenido de 69,571, tendría que añadir el valor razonable de sus cupones. En esta nota, cada cupón depende del anterior, motivo por el cual debo obtener el valor razonable de los cupones aplicando el método de Monte Carlo, es decir, haciendo simulaciones basadas en una ley de probabilidad. Los cupones de esta nota presentan una estructura tan compleja, que hace que su valor razonable solo se pueda obtener por simulación.

El registro contable de la entidad emisora sería (en miles):

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
30.6.20X4	Tesorería	100%
	Opciones *put* vendidas	(6,989%)
	Opciones *put* digital vendidas	(8,921%)
	Depósito cupón cero	(85,480)%
	Pasivo primer cupón	(¿)
	Pasivo segundo cupón	(¿)
	Pasivo tercer cupón	(¿)
	Pasivo cuarto cupón	(¿)
	Resultados financieros	(¿)
	Por la emisión y colocación de las notas	

Los valores de los pasivos por los cupones son estimados por el método de Monte Carlo. El resultado financiero sería la diferencia entre lo recibido en forma de tesorería y los pasivos registrados.

Caso práctico 44. Obligaciones convertibles en acciones

La entidad MMM emite 300.000 obligaciones con las siguientes características:

— Fecha de emisión: 31.12.20X6.

— Precio de la emisión a la par.

— Valor nominal de los títulos: 100 €.

— Intereses 4% anual, pagables al final de cada año.

— Vencimiento: 31.12.20X9.

— El inversor tiene el derecho de convertir cada título en acciones de la empresa emisora, en la proporción de 1 acción por cada 2 obligaciones, al final de la vida del empréstito.

Se conoce la siguiente información en la fecha de emisión:

— Tipo de interés de mercado (TIR) para una deuda similar, pero sin posibilidad de conversión: 6,0%.

Transcurrido un año se conocen los siguientes datos:

— Tipo de de interés de mercado (TIR) para una deuda similar, pero sin posibilidad de conversión: 6,30%.

— Precio de la acción: 170 €.

— Los dividendos esperados cada año son de 4,5 € por acción al final de cada período contable.

— El tipo de interés libre de riesgo para un período de dos años es del 4,80%.

— Volatilidad estimada anualizada para un período de dos años, 26%.

a) Calcule el valor razonable en la fecha de emisión.

b) Calcule el valor razonable transcurrido un año mediante un modelo de valoración, porque carece de precio de mercado de las obligaciones.

c) Contabilice la operación desde el punto de vista de la entidad MMM y de un inversor que suscribe 1/4 de la emisión.

Solución:

a) El valor razonable de cada obligación es el 100% del nominal y por lo tanto 100 €, considerando que el precio pagado es la mejor estimación del valor razonable.

El precio de la obligación se descompone en el precio de una obligación sin derecho de conversión más el precio de la opción de conversión.

Suponemos que no se trata de acciones nuevas sino de acciones ya existentes en circulación en la fecha de conversión.

Precio de la obligación sin derecho de conversión:

$$P = \frac{4}{1 + 6\%} + \frac{4}{(1 + 6\%)^2} + \frac{104}{(1 + 6\%)^3} = 94{,}65$$

Precio de la opción implícita en el precio de la obligación con derecho de conversión:

$$C = 100 - P = 100 - 94{,}65 = 5{,}35$$

Como la ecuación de canje es 1 acción = 2 obligaciones, el precio de una opción cuyo subyacente sea una acción sería el doble.

El precio de ejercicio de dicha opción será 200 € (2 obligaciones), que es lo que el inversor entregará en el vencimiento para obtener una acción, siempre que el precio de esta sea superior a 200 €.

b) El precio de la obligación con derecho de conversión es la suma de la obligación sin derecho más el precio de la opción.

$$P = \frac{4}{1 + 6{,}3\%} + \frac{104}{(1 + 6{,}3\%)^2} = 86{,}85$$

Precio de la opción:

— Precio de ejercicio = 200 €
— Precio de la acción = 170 €
— Tipo de interés libre de riesgo = 4,80%
— Tasa de dividendos $q = 4{,}5/170 = 2{,}65\%$
— Volatilidad = 26%
— Plazo $T = 2$ años

$$C = Se^{-qT}N(d_1) - Ee^{-rT}N(d_2)$$

$$d_1 = \frac{\ln\frac{170}{200} + \left(0{,}048 - 0{,}0265 + \frac{0{,}26^2}{2}\right) \times 2}{0{,}26\sqrt{2}} = -0{,}14104$$

$$d_2 = -0{,}14104 - 0{,}26\sqrt{2} = -0{,}50874$$

$$N(-0{,}14104) = 0{,}44392 \qquad N(-0{,}50874) = 0{,}30547$$

$$C = 170 \times e^{-0{,}0265 \times 2} \times 0{,}44392 - 200 \times e^{-0{,}048 \times 2} \times 0{,}30547 =$$
$$= 16{,}0734$$

El valor razonable que corresponde a una obligación es la mitad, 8,04.

El valor razonable de la obligación es la suma:

$$P = 86{,}85 + 8{,}04 = 94{,}88$$

c) Las obligaciones convertibles emitidas por la entidad MMM son un instrumento financiero integrado por dos componentes: uno de pasivo (obligaciones simples) y otro de patrimonio neto (opción de suscribir acciones a un precio determinado). El registro contable de la entidad MMM será:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
31.12.20X6	Tesorería	30.000.000
	Obligaciones emitidas no convertibles	(28.395.000)
	Patrimonio neto: opción	(1.605.000)
	Emisión de obligaciones convertibles que se descomponen en un pasivo financiero (obligaciones emitidas) y en un instrumento de patrimonio neto (opción). Obligaciones: 30.000.000 × 94,65% = 28.395.000 Patrimonio neto: 30.000.000 × 5,35% = 1.605.000	
31.12.20X7	Resultados: Intereses devengados	1.200.000
	Obligaciones emitidas no convertibles	(1.200.000)
	Devengo anual de intereses: 30.000.000 × 4% = 1.200.000	
	Obligaciones emitidas no convertibles	1.200.000
	Tesorería	(1.200.000)
	Liquidación de los intereses	

El registro contable del inversor será:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
31.12.20X6	Inversión en renta fija	7.098.750
	Derivado no cobertura: opción	401.250
	Tesorería	(7.500.000)
	La inversión en obligaciones convertibles se descompone en un activo financiero (obligaciones adquiridas) y en un derivado que no forma parte de una cobertura (opción). Renta fija: 30.000.000 × 94,65% × 1/4 = 7.098.750 Derivado: 30.000.000 × 5,35% × 1/4 = 401.250	

(*continúa*)

(*continuación*)

31.12.20X7	Inversión en renta fija	300.000
	Resultados: Intereses devengados	(300.000)
	Devengo anual de intereses: 30.000.000 × 4% × 1/4 = 300.000	
	Tesorería	300.000
	Inversión en renta fija	(300.000)
	Cobro de los intereses	
	Derivado no cobertura: opción	201.750
	Resultados: Variación del valor razonable	(201.750)
	Variación del derivado a su valor razonable: *(30.000.000 × 8,04% × 1/4) – 401.250 = 201.750*	

En el caso del inversor, el 31.12.20X7, el derivado hay que valorarlo a su valor razonable en esta fecha y recoger la variación en la cuenta de resultados, por no ser un derivado de cobertura. En el caso de la inversión en renta fija, el 31.12.20X7, se podría valorar en función de su coste o valor razonable, dependiendo de cuál es el objetivo que se tiene con esa inversión, es decir, en qué cartera se ha clasificado.

El inversor también podría valorar, desde el 31.12.20X6, toda su inversión a valor razonable, sin separar el activo financiero y el derivado, es decir, aplicar la denominada «opción del valor razonable». En este caso, debería haber reconocido el 31.12.20X6 un activo financiero por importe de 7.500.000 € y el 31.12.20X7 un activo financiero de 7.116.000 € (7.500.000 × 94,88%), recogiendo la diferencia en la cuenta de resultados.

Caso práctico 45. Obligaciones necesariamente convertibles en acciones

Una entidad AAA emite el 1 de julio de 20X7 obligaciones con las siguientes características:

- — Nominal: 3.000 millones de euros (emitidas a la par).
- — Valor nominal de la obligación: 1.000 €.
- — Interés nominal: 4,5% (se paga por años vencidos).
- — Vencimiento: 4 años.
- — Al vencimiento de las obligaciones, resulta obligatoria la conversión de estas en acciones de la entidad A, siendo el precio de conversión 25 €/acción y el ratio de conversión de 40 acciones ordinarias por obligación.
- — Tipo de interés al vencimiento (TIR) de los bonos emitidos al mismo plazo de cuatro años sin cláusula de conversión: 5,5%.
- — Precio actual de la acción: 23,5 €.
- — Estimación de la tasa de dividendos (q): 2,6%.
- — Tipo de interés libre de riesgo: 5%.

a) Calcule el valor razonable en la fecha de emisión.

b) Contabilice la emisión desde el punto de vista de la entidad AAA.

c) Contabilice la emisión desde el punto de vista de un inversor que suscribe 1/4 de la emisión.

Solución:

a) Las obligaciones emitidas tienen la siguiente característica fundamental: Las obligaciones se convierten obligatoriamente en acciones ordinarias del emisor en la fecha del vencimiento, no existiendo un derecho del inversor a solicitar la conversión, sino una obligación para ambas partes de realizar la conversión en un número fijo de acciones ordinarias.

Para calcular el valor razonable de estas obligaciones, vamos a calcular de forma separada el valor razonable de los dos componentes de que constan: obligaciones sin cláusula de conversión y un contrato *forward* sobre acciones ordinarias cuyo vencimiento coincide con las fecha de vencimiento de las obligaciones sin cláusula.

El precio de la obligación sin cláusula de conversión es:

$$B = \frac{4{,}5}{1 + 5{,}5\%} + \frac{4{,}5}{(1 + 5{,}5\%)^2} + \frac{4{,}5}{(1 + 5{,}5\%)^3} + \frac{104{,}5}{(1 + 5{,}5\%)^4} = 96{,}49\%$$

El precio *forward* viene dado por:

$$F = S(1 + r - q)^T = 23{,}5 \times (1 + 5\% - 2{,}6\%)^4 = 25{,}84$$

El valor razonable del contrato *forward* es:

$$VR = \frac{N \times (F - E)}{(1 + r)^T} = \frac{40 \times (25{,}84 - 25)}{(1 + 5\%)^4} = 27{,}59$$

El porcentaje sobre el nominal del bono es:

$$\frac{VR}{1.000} = \frac{27{,}59}{1.000} = 2{,}76\%$$

El valor razonable de las obligaciones es:

$$VR = B + F = 96{,}49\% + 2{,}76\% = 99{,}25\%$$

El valor razonable de la emisión es:

$$300.000.000 \times 99{,}25\% = 2.977.500.000 \text{ €}$$

b) La entidad AAA ha emitido, desde un punto de vista contable, un instrumento financiero compuesto: un contrato que origina a la entidad AAA simultáneamente un pasivo financiero (la obligación de entregar un activo financiero a los inversores) y un instrumento de patrimonio neto (obligación de entregar un número fijo de acciones ordinarias). El registro contable será:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
1.7.20X7	Tesorería	3.000.000.000
	Obligaciones emitidas no convertibles	(2.894.700.000)
	Patrimonio neto: *forward*	(82.800.000)
	Patrimonio neto: Reservas	(22.500.000)
	Las obligaciones se descomponen en un pasivo financiero (obligaciones emitidas) y en un instrumento de patrimonio neto (forward). *Surgen además unas reservas por haberse emitido por encima de su valor razonable: 3.000.000.000 − 2.977.500.000 = 22.500.000*	

Observamos que el emisor reconoce por separado, en la fecha de emisión, los componentes del instrumento compuesto, distribuyendo el valor razonable del instrumento compuesto entre el componente de pasivo y el componente de patrimonio neto, distribución que no puede dar lugar al reconocimiento de resultados. Las reservas reflejadas en este caso son consecuencia de emitir un instrumento por un importe superior a su valor razonable; la normativa contable establece que las operaciones con instrumentos de capital propio nunca pueden dar lugar a resultados.

Este registro contable se puede justificar, señalando que los efectos económicos de las obligaciones emitidas por la entidad AAA son equivalentes a los derivados de realizar una emisión de obligaciones convertibles y, simultáneamente, comprometerse a vender, en la fecha del vencimiento de las obligaciones, un número fijo de acciones de la entidad.

c) En el caso del inversor, al adquirir estas obligaciones estaría adquiriendo un híbrido, compuesto de un instrumento no derivado (instrumento de renta fija no convertible) y un derivado (*forward*). Los registros contables del inversor serían:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
1.7.20X7	Valores de renta fija	723.675.000
	Derivado	20.700.000
	Resultados: Resultado de la emisión	5.625.000
	Tesorería	(750.000.000)
	La inversión realizada se descompone en: *Un activo financiero: 2.894.700.000 × 0,25* *Un derivado que no forma parte de una cobertura: 82.800.000 × 0,25* *Existe además una pérdida por haberse adquirido por encima de su valor razonable: (3.000.000.000 × 0,25) − (723.675.000 + 20.700.000)*	

Caso práctico 46. Cobertura financiera de una acción clasificada como disponible para la venta con una opción de venta

El 10 de mayo de 20X7 la entidad AAA compra 3.000 acciones de la entidad CCC, siendo el precio de mercado de 57 € por acción. Las acciones son clasificadas en la cartera de disponibles para la venta ya que no se pretende negociar de forma activa con estas acciones.

Ante el riesgo de una caída en el precio de las acciones, la entidad AAA decide cubrirse comprando una opción de venta (*put*) europea sobre 3.000 acciones de CCC. La compra se realiza el 2 de enero de 20X8. La opción tiene las siguientes características:

— Fecha de ejercicio: 2 de enero de 20X10.
— Precio de ejercicio: 72 €/acción.
— El importe de la prima pagada se corresponde con su valor razonable estimado.

La opción se valora mediante el modelo de Black-Scholes. Para el cálculo del valor razonable de la opción el 2.1.20X8, se hacen las siguientes hipótesis:

— Volatilidad anualizada para el plazo de dos años: 23%.
— Tipo de interés libre de riesgo a dos años: 5,5%.
— Tasa de dividendos anualizada: 3,2%.

Para el cálculo del valor razonable de la opción el 31.12.20X8, se hacen las siguientes hipótesis:

— Volatilidad anualizada para el plazo de dos años: 25%.
— Tipo de interés libre de riesgo a un año: 6%.
— Tasa de dividendos anualizada: 3%.

El precio de mercado de cada acción de CCC ha sido el siguiente:

Fecha	Precio de mercado (€)
31.12.20X7	72
02.01.20X8	72,30
31.12.20X8	60

a) Obtenga, para la entidad AAA, el valor razonable de la opción el 2.1.20X8 y el 31.12.20X8.

b) Contabilice estas operaciones en los libros de la entidad AAA.

Solución:

a) Cálculo del valor razonable de la opción el 2.1.20X8:

— Volatilidad anualizada para el plazo de dos años: 23%.

— Tipo de interés libre de riesgo a dos años: 5,5%.

— Tasa de dividendos anualizada: 3,2%.

— Precio de ejercicio: 72 €.

— Precio del activo subyacente: 72,3.

El precio de la *put* es:

$$P = Ee^{-rT}N(-d_2) - Se^{-qT}N(-d_1)$$

$$d_1 = \frac{\ln\frac{72,3}{72} + \left(0,055 - 0,032 + \frac{0,23^2}{2}\right) \times 2}{0,23\sqrt{2}} = 0,31684$$

$$d_2 = 0,31684 - 0,23\sqrt{2} = -0,00843$$

$$N(-0,31684) = 0,37568 \qquad N(0,00843) = 0,50336$$

$$P = 72 \times e^{-0,055 \times 2} \times 0,50336 - 72,3 \times e^{-0,032 \times 2} \times 0,37568 =$$

$$= 6,9890 \text{ por acción}$$

El valor razonable por las 3.000 acciones es

$$3.000 \times 6,9890 = 20.967 \text{ €}$$

Cálculo del valor razonable de la opción el 31.12.20X8:

— Volatilidad anualizada para el plazo de dos años: 25%.

— Tipo de interés libre de riesgo a un año: 6%.

— Tasa de dividendos anualizada: 3%.

— Precio de ejercicio: 72 €.

— Precio del activo subyacente: 60.

El precio de la *put* valorada por el modelo de Black-Scholes es $P = 12,1791$.

El valor razonable por las 3.000 acciones es:

$$3.000 \times 12,1791 = 36.537,30 \text{ €}$$

b) El registro contable será:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
10.05.20X7	Acciones disponibles para la venta	171.000
	Tesorería	(171.000)
	Compra de las acciones: 3.000 × 57	
31.12.20X7	Acciones disponibles para la venta	45.000
	Patrimonio neto: Ajustes de valor	(45.000)
	Estas acciones, al clasificarse en la cartera de disponibles para la venta, se deben valorar a su valor razonable y las pérdidas y ganancias no realizadas se registran en el patrimonio neto: (72 − 57) × 3.000	
2.1.20X8	Acciones disponibles para la venta	900
	Patrimonio neto: Ajustes de valor	(900)
	Por el cambio de valor razonable de las acciones (72,30 − 72) × 3.000	
	Derivado	20.967
	Tesorería	(20.967)
	Adquisición del derivado	
31.12.20X8	Patrimonio neto: Ajustes de valor	36.900
	Acciones disponibles para la venta	(36.900)
	Por el cambio de valor razonable de las acciones (60 − 72,30) × 3.000	
	Derivado	15.570,3
	Cuenta de resultados: Ajustes de valor	(15.570,3)
	Por el cambio de valor razonable del derivado de cobertura: 36.537,30 − 20.967	

Podemos comprobar que la caída de las acciones de CCC se compensan con un incremento en el valor razonable de la opción de venta, ya que si la entidad AAA comprara 3.000 acciones en el mercado a 60 €/acción y ejerciera la opción de venta vendiendo las acciones a 72 €/acción, obtendría una ganancia de 36.000 € (3.000 × (72 − 60)). Para que los estados financieros reflejen adecuadamente esta compensación, resultaría necesario contabilizar la operación como una cobertura de valor razonable, recogiendo las variaciones de valor del elemento cubierto en la cuenta de resultados y no en el patrimonio neto. Sin embargo, la cobertura no es efectiva (36.900/15.570,3 = 231,2%), motivo por el cual no se puede registrar como una cobertura del valor razonable.

El balance de la entidad AAA recogería en su activo:

Activo	31.12.20X7	31.12.20x8
Acciones disponibles para la venta	216.000	180.000
Derivado	0	36.537,30
Total	216.000	216.537,3

Observamos que, al valorarse las acciones y el derivado a su valor razonable, el incremento del valor razonable de la opción compensa la caída en el valor de la acción, y el balance refleja el fondo económico de la operación. Sin embargo, al no registrarse de igual forma las ganancias y no poder registrarse como una cobertura contable, la cuenta de resultados de AAA recogería:

Ajustes de valor	31.12.20X7	31.12.20X8
En el patrimonio neto *Pérdidas en acciones (216.000 – 180.000)*	—	(36.000)
En la cuenta de resultados *Ganancias en opciones (36.537,3 – 20.967)*	—	15.570,3
Total	—	(20.403,7)

La cuenta de resultados recoge la ganancia obtenida con la opción de venta, pero no recoge la pérdida de valor de la acción.

Caso práctico 47. Cobertura de acciones con opciones de venta

El 10.6.20X7 la entidad ABC adquiere 3.000 acciones en un mercado organizado de la empresa KLM a 28 €/acción, acciones que se incluyen en la cartera de negociación.

El 30.6.20X7 la cotización de las acciones es 30 €/acción, pero la entidad ABC decide cubrirse en dicha fecha de las posibles caídas en la cotización de las acciones, comprando 3.000 opciones de venta (*put*) a una entidad de crédito XYZ que se las vende con las siguientes características:

— Tipo opción: europea.

— Fecha ejercicio: 31.10.20X7.

— Liquidación: por diferencias.

— Precio ejercicio: 30 €.

— Prima opción: 1,389 €.

Se tiene la siguiente información adicional:

— Tasa de dividendo estimada para las acciones de KLM: 1%.

— Tipo de interés a 4 meses: 4,5%.

— Los datos del mercado han sido:

Concepto	31.7.20X7	31.8.20X7	30.9.20X7
Precio acciones de KLM	28 euros	29 euros	26 euros
Tipo interés	4,7% (a 3 meses)	5% (a 2 meses)	5,1% (a 1 mes)
Tasa de dividendos estimada	2%	0%	0%
Volatilidad	25%	26%	29%

El 31.10.20X7 las acciones de KLM cotizan a 27 € y ABC vende las acciones ejercitando sus opciones de venta a la entidad de crédito.

La empresa ABC y la entidad de crédito XYZ utilizan el mismo modelo de valoración de opciones y los mismos datos para estimar el valor razonable.

a) Valor razonable de las opciones el 31.7.20X7, 31.8.20X7 y 30.9.20X7.

b) Registros contables de la entidad ABC.

c) Registros contables de la entidad de crédito XYZ.

Solución:

a) Los precios unitarios de las opciones, el importe total, los precios de las acciones y las variaciones respectivas se registran en la tabla siguiente:

	30.06.20X7	31.07.20X7	31.08.20X7	30.09.20X7	31.10.20X7
Precio opción	1,389	2,505	1,656	3,920	3,00
Total opciones	4.167,00	7.515,00	4.968,00	11.760,00	9.000,00
Precio acciones	30	28	29	26	27
Total acciones	90.000	84.000	87.000	78.000	81.000
Variación opciones		3.348,00	−2.547,00	6.792,00	−2.760,00
Variación acciones		−6.000,00	3.000,00	−9.000,00	3.000,00

Como las opciones no se han comprado en mercados organizados, su valor razonable se ha obtenido aplicando la metodología de Black-Scholes, cuya fórmula de valoración es:

$$P = -S_0 e^{-qT} N(-d_1) + E e^{-rT} N(-d_2)$$

$$d_1 = \frac{\ln\frac{S_0}{E} + \left(r - q + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \qquad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

siendo:

S: Precio del activo subyacente.

E: Precio de ejercicio.

q: Tasa de rendimiento explícito anualizado del activo subyacente.

r: Tasa de interés anualizada al plazo T de vencimiento de la opción.

T: Plazo en años.

σ: Volatilidad anualizada de la rentabilidad del activo subyacente.

b) Los registros contables de la entidad ABC son:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
10.6.20X7	Acciones de KLM	84.000
	Tesorería	(84.000)
	Por la compra de las 3.000 acciones que se incluyen en la cartera de negociación: 3.000 × 28	

(*continúa*)

(*continuación*)

30.6.20X6	Acciones de KLM	6.000
	Resultados: Variación del valor razonable	(6.000)
	Por el incremento del valor razonable de las acciones: 3.000 × (30 − 28)	
	Derivado contratado con entidad XYZ	4.167
	Tesorería	(4.167)
	Por la compra de las opciones de venta: 1,389 × 3.000	
31.7.20X7	Resultados: Variación del valor razonable	6.000
	Acciones de KLM	(6.000)
	Por la disminución del valor razonable de las acciones: 3.000 × (28 − 30)	
	Derivado contratado con entidad XYZ	3.348
	Resultados: Variación del valor razonable	(3.348)
	Por el incremento del valor razonable de las opciones: 3.000 × (2,505 − 1,389)	
31.8.20X7	Acciones de KLM	3.000
	Resultados: Variación del valor razonable	(3.000)
	Por el incremento del valor razonable de las acciones: 3.000 × (29 − 28)	
	Resultados: Variación del valor razonable	2.547
	Derivado contratado con entidad XYZ	(2.547)
	Por la disminución del valor razonable de las opciones: 3.000 × (1,656 − 2,505)	
30.9.20X7	Resultados: Variación del valor razonable	9.000
	Acciones de KLM	(9.000)
	Por la disminución en el valor razonable de las acciones: 3.000 × (26 − 29)	
	Derivado contratado con entidad XYZ	6.792
	Resultados: Variación del valor razonable	(6.792)
	Por el incremento en el valor razonable de las opciones: 3.000(3,920 − 1,656)	
31.10.20X7	Acciones de KLM	3.000
	Resultados: Variación del valor razonable	(3.000)
	Por el incremento del valor razonable de las acciones: 3.000 × (27 − 26)	
	Resultados: Variación del valor razonable	2.760
	Derivado contratado con entidad XYZ	(2.760)
	Por la reducción del valor razonable de las opciones: 3.000 × (3 − 3,920)	
	Tesorería	81.000
	Acciones de KLM	(81.000)
	Por la venta de las acciones al precio de mercado: 3.000 × 27	
	Tesorería	9.000
	Derivado contratado con entidad XYZ	(9.000)
	Por el ejercicio de las opciones: 3.000(30 − 27)	

Los flujos de caja han sido:

— Compra acciones: (84.000)
— Pago prima opciones: (4.167)
— Venta acciones: 81.000
— Liquidación opciones: 9.000
— Resultado: 1.833

La entidad ABC no precisa aplicar la contabilidad de coberturas del valor razonable para registrar adecuadamente en los estados financieros los efectos de la cobertura, valorar las acciones y las opciones a valor razonable recogiendo las variaciones en la cuenta de resultados. Los estados financieros reflejan adecuadamente que la pérdida que se produce en la venta de las acciones, se compensa con la cobertura realizada con la compra de las opciones de venta.

c) Los registros de la entidad de crédito XYZ son:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
30.6.20X7	Tesorería	4.167
	Derivado contratado con la entidad ABC	(4.167)
	Por la venta de las opciones a la entidad ABC: 1,389 × 3.000	
31.7.20x7	Resultados: Variación del valor razonable	3.348
	Derivado contratado con la entidad ABC	(3.348)
	Por la variación del valor razonable de las opciones: 3.000 × (2,505 – 1,389)	
31.8.20X7	Derivado contratado con la entidad ABC	2.547
	Resultados: Variación del valor razonable	(2.547)
	Por la variación del valor razonable de las opciones: 3.000 × (1,656 – 2,505)	
30.9.20X7	Resultados: Variación del valor razonable	6.792
	Derivado contratado con la entidad ABC	(6.792)
	Por el incremento en el valor razonable de las opciones: 3.000(3,920 – 1,656)	
31.10.20X7	Derivado contratado con la entidad ABC	2.760
	Resultados: Variación del valor razonable	(2.760)
	Por la reducción del valor razonable de las opciones: 3.000 × (3 – 3,920)	
	Derivado contratado con la entidad ABC	9.000
	Tesorería	(9.000)
	Por el ejercicio de las opciones: 3.000(30 – 27)	

Los flujos de caja de la entidad de crédito han sido:

— Prima recibida: 4.167
— Liquidación pagada: (9.000)
— Resultado: (4.833)

Caso práctico 48. Comparación entre cobertura de valor razonable y flujos de efectivo

Una entidad presenta el siguiente balance el 31 de diciembre de 20X5 (en euros):

Activo		Pasivo	
Crédito concedido	800.000	Obligaciones emitidas Patrimonio neto	700.000 100.000
Total Activo	**800.000**	**Total Pasivo**	**800.000**

Información complementaria:

— El crédito concedido está referenciado al tipo Euribor-año, siendo la liquidación el 31 de diciembre de cada año. Se amortizará el 31 de diciembre de 20X8, no existiendo opción de cancelación anticipada y un bajo riesgo de crédito.

— Las obligaciones emitidas se amortizan el 31 de diciembre de 20X8, siendo su interés del 4%, fijo y liquidable el 31 de diciembre de cada año. Las obligaciones se valoran al coste amortizado.

— El 31 de diciembre de 20X5 la entidad firma un IRS, como derivado de cobertura. Según este contrato la entidad recibirá un interés fijo del 4% a cambio de Euribor-año sobre un nocional de 750.000 €.

— Los valores tomados por las diferentes variables son los siguientes:

Fecha	Euribor-año al final del ejercicio	Valor razonable del IRS	Valor razonable de las obligaciones
31.12.X5	4%	0	(700.000)
31.12.X6	5%	(7.200)	(692.500)
31.12.X7	4,5%	(3.150)	(696.600)
31.12.X8	—	0	0

a) ¿Cuál es el registro contable suponiendo que se trata de una cobertura de flujos de efectivo de los préstamos?

b) ¿Cuál es el registro contable suponiendo que se trata de una cobertura del valor razonable de los bonos?

c) Compare ambas coberturas.

Solución:

a) Cobertura de los flujos de efectivo de los préstamos

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
31.12.X6	Tesorería	32.000
	Ingresos por rendimientos	(32.000)
	Por los ingresos originados por el crédito concedido: 800.000 × 4%	
	Gastos por intereses	28.000
	Tesorería	(28.000)
	Por los gastos originados por las obligaciones emitidas: 700.000 × 4%	
	Patrimonio neto: Ajustes de valoración por cobertura de flujos de efectivo	7.200
	Derivado de cobertura (pasivo)	(7.200)
	Por el valor razonable del IRS. En este caso la liquidación del contrato es: 750.000 × (4% − 4%) = 0	
31.12.X7	Tesorería	40.000
	Ingresos por rendimientos	(40.000)
	Ingresos originados por el crédito concedido: 800.000 × 5%	
	Gastos por intereses	28.000
	Tesorería	(28.000)
	Gastos originados por obligaciones emitidas: 700.000 × 4%	
	Intereses	7.500
	Tesorería	(7.500)
	Por la liquidación del IRS: 750.000 × (4% − 5%)	
	Derivado de cobertura (pasivo)	4.050
	Patrimonio neto: Ajustes de valoración por cobertura de flujos de efectivo	(4.050)
	Ajuste del valor razonable del IRS = 7.200 − 3.150 = 4.050	
31.12.X8	Tesorería	836.000
	Ingresos por rendimientos	(36.000)
	Crédito concedido	(800.000)
	Ingresos originados por el crédito concedido (800.000 × 4,5%) y amortización del principal	
	Gastos por intereses	28.000

(*continúa*)

(*continuación*)

	Obligaciones emitidas	700.000
	Tesorería	(728.000)
	Gastos originados por las obligaciones emitidas (700.000 × 4%) y amortización de las mismas	
	Intereses	3.750
	Tesorería	(3.750)
	La liquidación del IRS es: 750.000 × (4% − 4,5%) = 3.750	
	Derivados de cobertura (pasivos)	3.150
	Patrimonio neto: Ajustes de valoración por cobertura de flujos de efectivo	(3.150)
	Por el ajuste final del valor del IRS	

b) Cobertura del valor razonable de las obligaciones

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
31.12.X6	Tesorería	32.000
	Ingresos por rendimientos	(32.000)
	Ingresos originados por el crédito concedido: 800.000 × 4%	
	Gastos por intereses	28.000
	Tesorería	(28.000)
	Gastos originados por las obligaciones emitidas 700.000 × 4%	
	Resultados: Variación del valor del derivado	7.200
	Derivado de cobertura (pasivo)	(7.200)
	Por el valor razonable del IRS. En este caso la liquidación del contrato es: 750.000 × (4% − 4%)	
	Obligaciones emitidas	7.500
	Resultados: Variación del valor de las obligaciones	(7.500)
	Registro de las obligaciones a su valor razonable: 692.500 − 700.000	
31.12.X7	Tesorería	40.000
	Ingresos por rendimientos	(40.000)
	Ingresos originados por el crédito concedido: 800.000 × 5%	
	Gastos por intereses	28.000
	Tesorería	(28.000)
	Gastos originados por las obligaciones emitidas: 700.000 × 4%	
	Intereses	7.500

CAPÍTULO 7

(*continúa*)

(*continuación*)

	Tesorería	(7.500)
	La liquidación del contrato IRS es: 750.000 × (4% − 5%)	
	Derivado de cobertura (pasivo)	4.050
	Resultados: Variación del valor del derivado	(4.050)
	Por el valor razonable del IRS: 3.150 − 7.200	
	Resultados: Variación del valor de las obligaciones	4.100
	Obligaciones emitidas	(4.100)
	Registro de las obligaciones a su valor razonable: 696.600 − 692.500	
31.12.X8	Tesorería	836.000
	Ingresos por rendimientos	(36.000)
	Crédito concedido	(800.000)
	Ingresos originados por el crédito concedido (800.000 × 4,5%) y amortización del principal	
	Gastos por intereses	28.000
	Obligaciones emitidas	700.000
	Tesorería	(728.000)
	Gastos originados por las obligaciones emitidas (700.000 × 4%) y amortización de las mismas	
	Intereses	3.750
	Tesorería	(3.750)
	La liquidación del contrato derivado es: 750.000 (4% − 4,5%) = 3.750	
	Derivado de cobertura (pasivo)	3.150
	Resultados: Variación del valor del derivado	(3.150)
	Por la variación del valor razonable del IRS: 0 − 3.150	
	Resultados: Variación del valor de las obligaciones	3.400
	Obligaciones emitidas	(3.400)
	Por la variación del valor razonable de las obligaciones: 700.000 − 696.600	

c) Comprando las dos coberturas obtenemos los siguientes cuadros resumen:

Cobertura de flujos de efectivo		20X6	20X7	20X8	Total
Pérdidas y ganancias	Ingresos por rendimientos	32.000	40.000	36.000	108.000
	Gastos por intereses	(28.000)	(28.000)	(28.000)	(84.000)
	Intereses del derivado	0	(7.500)	(3.750)	(11.250)
	Total	4.000	4.500	4.250	12.750
Valor del pasivo (IRS)		(7.200)	(3.150)	0	

Con la cobertura de flujos de efectivo, hemos conseguido que el resultado registrado en la cuenta de resultados se mantenga próximo a 4.000, es decir, sin experimentar grandes variaciones.

Cobertura de valor razonable		20X6	20X7	20X8	Total
Pérdidas y ganancias	Ingresos por rendimientos	32.000	40.000	36.000	108.000
	Gastos por intereses	(28.000)	(28.000)	(28.000)	(84.000)
	Resultado de la cobertura	300	(7.550)	(4.000)	(11.250)
	Total	4.300	4.450	4.000	12.750
Valor del pasivo		(699.700)	(699.750)	(700.000)	

Con la cobertura del valor razonable, el valor del pasivo recogido en el balance permanece próximo a 700.000, sin grandes variaciones a lo largo de los años, valor obtenido como sigue:

— Valor del pasivo = Valor obligaciones + Valor IRS.

— Valor del pasivo 20X6 = 7.200 + 692.500 = 699.700.

— Valor del pasivo 20X7 = 3.150 + 696.600 = 699.750.

— Valor del pasivo 20X8 = 700.000 + 0 = 700.000.

Por el contrario, no encontramos uniformidad en los resultados recogidos en la cuenta de resultados a lo largo de los años, siendo el resultado de la cobertura obtenido como sigue:

— Resultado de la cobertura = Intereses del derivado + Variación del valor del derivado + Variación del valor de la obligación.

— Resultado de la cobertura 20X6: $-7.200 + 7.500 = 300$.

— Resultado de la cobertura 20X7: $-7.500 + 4.050 - 4.100 = -7.550$.

— Resultado de la cobertura 20X8: $-3.750 + 3.150 - 3.400 = -4.000$.

Caso práctico 49. FRA que forma parte de una cobertura de valor razonable

El banco FFF realiza, el 2.1.20X7, las siguientes operaciones:

— Toma un depósito de 1.000.000 € a tres meses, al tipo Euribor 3 meses, tipo que en esta fecha es del 5%. El pago de los intereses se realiza en la misma fecha en que se amortiza el principal.

— Invierte el importe del depósito en un préstamo a 12 meses al 5,30%. El pago de los intereses se realiza en la misma fecha en que se amortiza el principal.

— Compra un FRA al banco MMM, sin que exista ningún pago en la fecha de realización de la transacción. Los datos del contrato son: nocional, N = 1.000.000 €; tipo de interés pactado en el contrato, 5,33% (tipo de interés del FRA bajo la hipótesis de ausencia de posibilidades de arbitraje); tipo de interés de referencia para la liquidación del contrato, Euribor 9 meses; fecha de referencia, 2.4.20X7; liquidación del contrato: en la fecha de referencia mediante la cotización del Euribor 9 meses, publicado el día anterior por la empresa difusora de información que el contrato establece y mediante la fórmula habitual.

El 2.4.20X7 toma un depósito a 9 meses de 1.000.000 € a un tipo de interés Euribor a 9 meses, que es del 6%. El pago de los intereses se realiza en la misma fecha en que se amortiza el principal.

Los tipos de interés el 2.1.200X7 del Euribor a los plazos de 3 meses y 12 meses son del 5% y el 5,30%, respectivamente.

Los tipos de interés el 2.2.200X7 del Euribor a los plazos de 2 meses y 11 meses son del 5,12% y el 5,45%, respectivamente.

Los tipos de interés el 2.3.200X7 del Euribor a los plazos de 1 mes y 10 meses son del 5,60% y el 5,90%, respectivamente.

a) Obtenga, para el banco FFF, el valor razonable del contrato el 2.01.20X7 mediante un modelo de valoración generalmente aceptado, suponiendo que en la fecha actual no han existido, en el mercado interbancario, transacciones de contratos FRA del mismo tipo que el pactado por el banco FFF y el banco MMM.

b) Obtenga el valor del FRA el 2.2.20X7y el 2.3.20X7.

c) Si el tipo de interés para la liquidación del contrato el 2.4.20X7 es del 5,99%, obtenga el valor razonable del derivado.

d) Contabilice estas operaciones en los libros del banco FFF, suponiendo que el derivado se contabiliza como una cobertura contable, en las siguientes fechas: 2.1.20X7, 2.2.20X7, 2.3.20X7, 2.4.20X7, 2.5.20X7 y 2.1.20X8.

Solución:

a) El valor razonable el 2.1.20X7 del derivado es cero, al haberse pactado el contrato al tipo de interés del FRA bajo la hipótesis de ausencia de posibilidades de arbitraje.

b) Para calcular el valor razonable el 2.2.20X7:

Tipo de interés del FRA bajo la hipótesis de ausencia de posibilidades de arbitraje:

$$f = \frac{E_{11m} \times T_{11m} - E_{2m} \times T_{2m}}{(1 + E_{2m} \times T_{2m}) \times (T_{11m} - T_{2m})} =$$

$$= \frac{5{,}45\% \times \dfrac{334}{360} - 5{,}12\% \dfrac{59}{360}}{\left(1 + 5{,}12\% \times \dfrac{59}{360}\right)\left(\dfrac{334}{360} - \dfrac{59}{360}\right)} = 5{,}47\%$$

Valor razonable del contrato FRA:

i) Cierre teórico:

$$L_T = +\frac{N \times (f - f_c) \times h}{(1 + f \times h)} = +\frac{1.000.000 \times (5{,}47\% - 5{,}33\%) \times \left(\dfrac{275}{360}\right)}{1 + 5{,}47\% \times \left(\dfrac{275}{360}\right)} =$$

$$= 1.026{,}55\ €$$

ii) Valor razonable:

$$VR_t = \frac{L_T}{1 + E_{2m}T_{2m}} = \frac{1.026{,}55}{1 + 5{,}12\% \times \left(\dfrac{59}{360}\right)} = 1.018{,}01\ €$$

Para calcular el valor razonable el 2.3.20X7:

Tipo de interés del FRA bajo la hipótesis de ausencia de posibilidades de arbitraje:

$$f = \frac{E_{10m} \times T_{10m} - E_{1m} \times T_{1m}}{(1 + E_{1m} \times T_{1m}) \times (T_{10m} - T_{1m})}$$

$$= \frac{5{,}90\% \times \dfrac{306}{360} - 5{,}60\% \dfrac{31}{360}}{\left(1 + 5{,}60\% \times \dfrac{31}{360}\right)\left(\dfrac{306}{360} - \dfrac{31}{360}\right)} = 5{,}91\%$$

Valor razonable del contrato FRA:

i) Cierre teórico:

$$L_T = + \frac{N \times (f - f_c) \times h}{(1 + f \times h)} = + \frac{1.000.000 \times (5{,}91\% - 5{,}33\%) \times \left(\frac{275}{360}\right)}{1 + 5{,}91\% \times \left(\frac{275}{360}\right)} =$$

$= 4.239{,}17$ €

ii) Valor razonable:

$$VR_t = \frac{L_T}{1 + E_{2m} T_{2m}} = \frac{4.239.17{,}55}{1 + 5{,}60\% \times \left(\frac{31}{360}\right)} = 4.218{,}83 \text{ €}$$

c) El valor razonable es el importe de la liquidación:

$$L_T = + \frac{N \times (f - f_c) \times h}{(1 + f \times h)} = + \frac{1.000.000 \times (5{,}99\% - 5{,}33\%) \times \left(\frac{275}{360}\right)}{1 + 5{,}99\% \times \left(\frac{275}{360}\right)} =$$

$= 4.821{,}07$ €

d) El registro contable será:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
2.1.20X7	Tesorería	1.000.000
	Depósito tomado	(1.000.000)
	Tesorería recibida por el depósito tomado	
	Crédito concedido	1.000.000
	Tesorería	(1.000.000)
	Tesorería entregada por el crédito concedido	
	La compra del FRA, al no suponer ningún desembolso inicial y ser su valor razonable igual a cero, no requiere ningún registro contable, y únicamente debe informarse en la memoria.	
2.2.20X7	Gastos: Intereses del depósito	4.305,5
	Depósito tomado	(4.305,5)
	Periodificación de los intereses del depósito y valoración de este a coste amortizado: 1.000.000 × 5% × 31/360 = 833,33	

(*continúa*)

(*continuación*)

	Crédito concedido	4.563,8
	Ingresos: Intereses de crédito	(4.563,8)
	Periodificación de los intereses de crédito y valoración de este a coste amortizado: 1.000.000 × 5,30% × 31/360 = 4.563,8	
	Derivado de cobertura	1.018,01
	Patrimonio neto: Ajustes valoración	(1.018,01)
	Por la valoración del derivado a valor razonable. Al valorarse el FRA a valor razonable y el crédito y el depósito al coste amortizado, para reflejar adecuadamente los efectos de la cobertura en la cuenta de resultados, el ajuste del FRA se recoge en una cuenta del patrimonio neto por tratarse de una cobertura de flujos de efectivo.	
2.3.20X7	Gastos: Intereses del depósito	3.888,8
	Depósito tomado	(3.888,8)
	Periodificación de los intereses del depósito y valoración de este a coste amortizado: 1.000.000 × 5% × 28/360 = 3.888,88	
	Crédito concedido	4.122,2
	Ingresos: Intereses de crédito	(4.122,2)
	Periodificación de los intereses de crédito y valoración deeste a coste amortizado: 1.000.000 × 5,3% × 28/360 = 4.122,2	
	Derivado de cobertura	3.200,8
	Patrimonio neto: Ajustes valoración	(3.200,8)
	Por la valoración del derivado a valor razonable, y su registro en el patrimonio neto: 4.218,83 − 1.018,01 = 3.200,8	
2.4.20X7	Gastos: Intereses del depósito	4.305,5
	Depósito tomado	1.008.194,5
	Tesorería	(1.012.500)
	Periodificación de los intereses del depósito y reembolso de este con sus intereses: *Gastos: 1.000.000 × 5% × 31/360 = 4.305,5* *Tesorería: 1.000.000 × (1 + 5% × 90/360) = 1.012.500*	
	Tesorería	1.000.000
	Depósito tomado	(1.000.000)
	Tesorería recibida por el nuevo depósito tomado	
	Crédito concedido	4.563,88
	Ingresos: Intereses de crédito	(4.563,88)
	Periodificación de los intereses del crédito y valoración de este a coste amortizado: 1.000.000 × 5,3% × 31/360 = 4.563,88	

(*continúa*)

(*continuación*)

	Tesorería	4.821,07
	Derivado de cobertura	(4.218,8)
	Patrimonio neto: Ajustes valoración	(602,27)
	Por la liquidación del FRA	
2.5.20X7	Gastos: Intereses del depósito	5.000
	Depósito tomado	(5.000)
	Periodificación de los intereses del depósito y valoración de este a coste amortizado: 1.000.000 × 6% × 30/360 = 5.000	
	Crédito concedido	4.416,6
	Ingresos: Intereses de crédito	(4.416,6)
	Periodificación de los intereses del crédito y valoración de este a coste amortizado: 1.000.000 × 5,3% × 30/360 = 4.416,6	
	Patrimonio neto: Ajustes valoración	535,67
	Cuenta de resultados: Intereses	(535,67)
	Por la imputación de los resultados del FRA a la cuenta de resultados: 4.821,07/9 = 535,67	
2.1.20X8	Gastos: Intereses del depósito	5.166,6
	Depósito tomado	1.040.666,7
	Tesorería	(1.045.833,3)
	Periodificación de los intereses del depósito y reembolso de este con sus intereses: *Gastos: 1.000.000 × 6% × 31/360 = 5.166,6* *Tesorería: 1.000.000 × (1 + 6% × 275/360) = 1.045.833,3*	
	Tesorería	1.053.000
	Ingresos: Intereses de crédito	(4.563,8)
	Crédito concedido	(1.048.436,2)
	Periodificación de los intereses de crédito y recuperación de principal e intereses: *Tesorería: 1.000.000 × (1 + 5,30%) = 1.053.000* *Ingresos: 1.000.000 × 5,30% × 31/360 = 4.563,88*	
	Patrimonio neto: Ajustes valoración	535,67
	Cuenta de resultados: Intereses	(535,67)
	Por la última imputación de los resultados del FRA a la cuenta de resultados: 4.821,07/9 = 535,67	

La compra de este derivado persigue cubrir el riesgo de interés, consecuencia del desfase de vencimientos entre la financiación (3 meses) y la inversión (12 meses), ya que cuando hayan transcurrido los 3 meses

(2.4.200X7), el banco FFF tiene que volver a tomar prestado a los tipos de interés de ese momento, con lo que necesita protección ante su riesgo de que los tipos de interés hayan subido. Calculemos el resultado obtenido con estas operaciones y veamos cómo se ha registrado en los estados financieros, para comprobar si estos reflejan adecuadamente el efecto de la cobertura.

Para calcular el resultado obtenido, recogemos los flujos de efectivo del banco FFF por estas operaciones en el siguiente cuadro:

Fecha	Operación	Flujos de efectivo: Cobros (pagos) en euros
2.1.20X7	Toma depósito Concesión préstamo Compra FRA	1.000.000 (1.000.000) 0
2.4.20X7	*Devolución de depósito e intereses: 1.000.000 × (1 + 0,05 × 90/360)* *Se ha supuesto que febrero tiene 28 días.*	(1.012.500)
	Toma depósito	1.000.000
	Liquidación del FRA: *Importe a vencimiento: 1.000.000 × (0,0599 − 0,0533) ×* *× 275/360 = 5.041,666* *Liquidación anticipada: 5.041,666/(1 + 0,0599 × 275/360) = 4.821,07*	4.821,07
2.1.20X8	*Recuperación del préstamo e intereses: 1.000.000 × (1 + 0,053) =*	1.053.000
	Devolución del depósito e intereses: *1.000.000 × (1 + 0,06 × 275/360) =*	(1.045.833)

CAPÍTULO 7

Podemos comprobar que la suma de estos flujos nos da un resultado neto de la operación por importe de 512 €, resultado que se ha presentado de la siguiente forma en la cuenta de resultados de cada ejercicio:

Concepto	2.2.X7	2.3.X7	2.4.X7	2.5.X7	2.1.X8	Total
Ingresos	4.563,88	(4.122,2)	4.563,88	4.416,6	4.563,8	53.000
Gastos	(4.305,5)	(3.888,88)	(4.305,5)	(5.000)	(5.166,6)	58.333,3
Resultado sin cobertura	258,38	233,32	258,38	(583,4)	(602,8)	(5.333,3)
Imputación de la cobertura	0	0	0	535,67	535,67	4.821,07
Resultado con cobertura	258,38	233,32	258,38	(47,73)	(67,13)	512

Puede comprobarse que el FRA ha servido para reducir el riesgo de interés consecuencia del desfase de vencimientos entre el préstamo concedido y el depósito tomado el 2.2.20X7: parte de las minusvalías que comienza a tener la entidad el 2.5.20X7 se compensan con las plusvalías del FRA. Al valorarse los depósitos y el crédito al coste amortizado y el FRA a valor razonable, para que la cuenta de resultados refleje adecuadamente el efecto de la cobertura, ha sido necesario reflejar el FRA como una cobertura de flujos de efectivo, difiriendo la imputación en la cuenta de resultados de las plusvalías del FRA.

Caso práctico 50. Cobertura con un *forward* de una cuenta a cobrar denominada en moneda extranjera

El 31 de julio del 20X7, la compañía CCC, domiciliada en México y con el peso como moneda funcional, reconoce como consecuencia de una venta una cuenta a cobrar por importe de 200.000 $, y vencimiento el 30 de septiembre. La compañía CCC decide el 31 de julio cubrir su exposición al riesgo de cambio por esta cuenta a cobrar denominada en moneda extranjera, utilizando un contrato *forward* para vender, el 30 de septiembre de 20X7, los 200.000 $ a un tipo de cambio de 1 $ = 10,74 pesos.

Se tiene la siguiente información:

Fecha	Tipo de interés pesos	Tipo de cambio contado	Tipo de cambio *forward* (al 30.9.20X7)
31-jul	7,00%	1 $ = 10,70	1 $ = 10,74
31-ago	7,20%	1 $ = 10,78	1 $ = 10,80

a) Valor razonable del contrato *forward* el 31 de julio y el 31 de agosto.

b) Registro contable de la compañía CCC en dichas fechas.

Solución:

a) Los valores razonables en las fechas señaladas serían:

Fecha	VR
31-jul	0
31-ago	−12.490,79

$$VR = \frac{-200.000(10,80 - 10,74)}{1 + 7,20\% \times (30/360)} = -12.490,79$$

b) El registro contable será:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
31.7.20X7	Cuentas a cobrar en moneda extranjera	2.140.000
	Venta	(2.140.000)
	Por la venta. El saldo en pesos mexicanos equivale a 200.000 × 10,70 = 2.140.000	

(*continúa*)

(*continuación*)

31.8.20X7	Cuentas por cobrar en moneda extranjera	16.000
	Cuenta de resultados: Diferencias de cambio	(16.000)
	Ajuste por el nuevo tipo de cambio: 200.000 × (10,78 – 10,70) = 16.000	
	Cuenta de resultados: Resultado del derivado	12.490,79
	Derivado	(12.490,79)
	Reconocimiento del derivado por su valor razonable, derivado que es un pasivo para la entidad.	

La ganancia originada por el saldo a cobrar, como consecuencia de la variación del tipo de cambio, se compensa con la pérdida originada por el derivado. En este caso, la cobertura realizada por la entidad ha quedado correctamente reflejada en su información financiera, sin resultar necesario acudir a aplicar la normativa contable específica para la contabilidad de coberturas.

Caso práctico 51. Cobertura con un *forward* del valor razonable de un activo no financiero

Una empresa norteamericana tiene el 1.7.20X7, en su inventario, 4.000 toneladas de petróleo, valoradas al precio más bajo de coste o mercado. Ante la volatilidad que presentan los precios del petróleo, la empresa cubre su inventario de petróleo, firmando el 1.7.20X7 un contrato *forward* de venta con una entidad financiera, para asegurar el precio de las 4.000 toneladas de petróleo en 514 $ por tonelada, siendo este el precio *forward*, con vencimiento el 31.8.20X7; la liquidación del *forward* neta se realiza en efectivo. El 31.8.20X7 la empresa vende las 4.000 toneladas en el mercado.

Se tienen los siguientes datos:

Fecha	Precio *spot* por tonelada ($)	Precio *forward* por tonelada ($)	Tipo de interés
1.7.20X7	510	514[6]	6,00%
31.7.20X7	493	499	6,10%
31.8.20X7	470		

a) Para la empresa norteamericana, calcule el valor razonable del *forward* en las siguientes fechas: 1 de julio, 31 de julio y 31 de agosto.

b) Eficacia de la cobertura.

c) Registro contable que realizará la citada empresa, suponiendo que la operación se contabiliza como una cobertura de valor razonable y que presenta estados financieros el 31 de agosto.

d) Principales informaciones a incluir a la hora de documentar la cobertura.

Solución:

a) i) El valor razonable el 1 de julio es cero, por coincidir el precio pactado con el precio *forwad*.

ii) El valor razonable el 31 de julio es:

$$VR = \frac{-4.000 \times (499 - 514)}{1 + 6{,}10\% \times 31/360} = 59.686{,}48 \text{ dólares}$$

[6] Aunque esta entidad informe sobre su inventario en toneladas, el petróleo se mide en el mercado en «barriles». Un barril de petróleo equivale a 42 galones estadounidenses, 34,97 galones imperiales, 159 litros, 0,159 metros cúbicos y 0,136 toneladas métricas en peso (aproximadamente: depende de la densidad del petróleo). En este caso: 1 tonelada = 7,35 barriles; 7,35 × 69,932 = 514 $.

iii) El valor razonable el 31 de agosto es la liquidación:

$$VR = -4.000 \times (470 - 514) = 176.000$$

Estos datos se pueden resumir en la siguiente tabla:

Fecha	Precio *spot*	Precio *forward*	Tipo de interés	Liquidación	Valor razonable	Días
01-jul	510	514	6,00%	0	0	61
31-jul	493	499	6,10%	60.000,00	59.686,48	31
31-ago	470	470		176.000,00	176.000,00	0

b) Para ver la eficacia de la cobertura, comparamos la variación del precio del petróleo con la variación del precio del *forward*:

El valor de las 4.000 toneladas el 1 de julio es:

$$4.000 \times 510 = 2.040.000$$

El valor de las 4.000 toneladas el 31 de julio es:

$$4.000 \times 493 = 1.972.000$$

La variación de precio es $1.972.000 - 2.040.000 = -68.000$.

El valor de las 4.000 toneladas el 31 de agosto es:

$$4.000 \times 470 = 1.880.000$$

La variación de precio es: $1.880.000 - 1.972.000 = -92.000$.

La variación del valor razonable del *forward* es:

$$176.000 - 59.686{,}48 = 116.313{,}52$$

La variación del precio del petróleo desde el 1 de julio al 31 de agosto es $1.880.000 - 2.040.000 = -160.000$.

La variación del valor razonable del contrato *forward* desde el 1 de julio al 31 de agosto es 176.000.

Al calcular la eficacia de la cobertura, se comprueba que es eficaz:

$$\frac{176.000}{160.000} = 110\%$$

La cobertura con un contrato *forward* realizada hasta la fecha de vencimiento del *forward* es altamente eficaz, dado que el precio del *forward* en general se forma a partir del precio contado con la expresión:

$$F_{0T} = S_0 \times (1 + yT) = S_0 + S_0 yT$$

El ratio de eficacia es:

$$RE = \frac{N(S_T - F_{0T})}{N(S_T - S_0)} = \frac{N(S_T - S_0 - S_0 yT)}{N(S_T - S_0)} = 1 - \frac{S_0 yT}{S_T - S_0}$$

La cantidad $\frac{S_0 yT}{S_T - S_0}$ suele ser «pequeña», por lo que el ratio está situado en torno al 100%.

c) El registro contable será:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
1.1.20X7	*En el momento en que se firma el contrato* forward *no se debe realizar ningún registro por ser el valor razonable de este contrato igual a cero. Únicamente se deberá informar en las notas.*	
31.7.20X7	Derivado de cobertura	59.686,48
	Resultados: Variación del valor razonable	(59.686,48)
	Variación del valor razonable del derivado	
	Resultados: Variación del valor razonable	68.000
	Inventario: Petróleo	(68.000)
	Variación del valor razonable del inventario: 1.972.000 − 2.040.000 = − 68.000	
31.8.20X7	Derivado de cobertura	116.313,52
	Resultados: Variación del valor razonable	(116.313,52)
	Variación del valor razonable del derivado: 176.000 − 59.686,48 = 116.313,52	
	Resultados: Variación del valor razonable	92.000
	Inventario: Petróleo	(92.000)
	Variación del valor razonable del inventario: 1.880.000 − 1.972.000 = − 92.000	
	Tesorería	176.000
	Derivado de cobertura	(176.000)
	Liquidación neta del derivado	
	Cuentas a cobrar	1.880.000
	Venta de petróleo	(1.880.000)
	Venta del petróleo	
	Coste de ventas	1.880.000
	Inventario: Petróleo	(1.880.000)
	Registro de las existencias iniciales como coste: 2.040.000 − 68.000 − 92.000 = 1.880.000	

La variación del valor razonable del *forward* origina unas ganancias que compensan las pérdidas, atribuibles al riesgo cubierto, del valor del inventario. Para reflejar adecuadamente la compensación de los citados resultados, se debe aplicar una contabilidad de coberturas del valor razonable.

El efecto de la cobertura puede comprobarse en la siguiente tabla:

Fecha	Valor del activo sin la cobertura = Valor del inventario	Valor del activo con la cobertura = = Valor del inventario + + Valor del derivado
1.1.20X7	2.040.000	2.040.000
31.7.20X8	1.972.000	2.031.686,5
31.8.20X8	1.880.000	2.056.000

d) A la hora de documentar la cobertura, la empresa deberá presentar, entre otra, la siguiente información:

— Objeto de la cobertura: cubrir el valor razonable del inventario.

— Inicio de la cobertura: 1 de julio de 20X7.

— Finalización de la cobertura: 31 de agosto de 20X7.

— Evento cubierto: valor razonable del petróleo.

— Importe a cubrir: 2.040.000 $.

— Tipo de cobertura contable: cobertura de valor razonable.

— Derivado utilizado: *forward* sobre el precio del petróleo.

- Contraparte: entidad financiera.
- Fecha operación: 1 de julio de 20X7.
- Fecha de vencimiento: 31 de agosto de 20X7.
- Nocional: 4.000 toneladas de petróleo.
- Subyacente: precio del petróleo.
- Inversión inicial: cero.
- Tipo de liquidación: neta en efectivo.
- Estrategia: reducir el riesgo de minusvalías por caídas en el del precio petróleo.
- Evaluación prospectiva de la eficacia: se considera que todo el cambio del valor razonable del *forward* va a ser efectivo para cubrir los potenciales cambios de valor del inventario, atribuibles a variaciones en el precio del petróleo.
- Evaluación retrospectiva de la eficacia: se comparará la variación del precio del inventario con la variación del precio del derivado.

Caso práctico 52. Cobertura de un préstamo con un IRS

La entidad ABC concede un préstamo a la entidad XYZ por importe de 900.000 €, el 31.12.20X6. El tipo de interés es del 4,5%, el vencimiento el 31.12.20X9, las liquidaciones de intereses el 31 de diciembre de cada año y la devolución del principal el 31.12.20X9.

La entidad ABC contrata un derivado el 31.12.20X7 con las siguientes características:

— Vencimiento: 31.12.20X9.

— La entidad ABC pagará el 31 de diciembre de cada año un interés del 4,30% calculado sobre 900.000 € (nocional) y recibirá en esas fechas un interés del Euribor a un año calculado sobre el mismo nocional.

— En la fecha de contratación el valor razonable del derivado es cero, no existiendo en esta transacción pago inicial por ninguna de las dos partes.

Los valores alcanzados por las variables han sido los siguientes:

Curvas de tipos de interés cupón cero (al plazo de un año el tipo de interés es el Euribor).

	31.12.20X7	**31.12.20X8**	**31.12.20X9**
31.02.20X6	4,00%	4,15%	4,30%
31.12.20X7		5,00%	5,10%
31.12.20X8			6,00%

Evolución del valor razonable del préstamo:

Fecha	**Valor Préstamo**
31.12.20X6	900.000
31.12.20X7	886.560
31.12.20X8	885.520
31.12.20X9	900.000

a) Valor razonable del *swap* el 31.12.20X7 y el 31.12.20X8.

b) Eficacia de la cobertura observada.

c) Contabilidad de la operación suponiendo que la entidad contabiliza el préstamo y el derivado como una cobertura del valor razonable.

Solución:

a) El cálculo del valor razonable de la permuta el 31.12.20X7 se puede resumir en la siguiente tabla:

Permuta el 31.12.20X7			VR	13.424					
31.12.20X7	**Días**	**Tipos**	***G*(*0*, *T*)**	**Variables**	**Fijo**	**FV**	**FF**	**VAFV**	**VAFF**
31.12.20X8	366	5,00%	0,952254	5,00%	4,30%	45.123	38.766	42.969	36.915
31.12.20X9	731	5,10%	0,905181	5,20%	4,30%	46.803	38.660	42.365	34.995
								85.334	71.910

Valor razonable = 13.424 €.

El cálculo del valor razonable del *swap* el 31.12.20X8 se puede resumir en la siguiente tabla:

Permuta el 31.12.20X8			VR	15.340					
31.12.20X8	**Días**	**Tipos**	***G*(*0*, *T*)**	**Variables**	**Fijo**	**FV**	**FF**	**VAFV**	**VAFF**
31.12.20X9	365	6,00%	0,943396	6,00%	4,30%	54.000	38.660	50.943	36.472

Valor razonable = 15.340 €.

El valor razonable de derivado el 31.12.20X9 coincide con el importe de su liquidación:

Valor razonable = 900.000 (6% − 4,30%) = 15.300 €.

b) Eficacia de la cobertura observada:

Variación y porcentaje	31.12.20X7	31.12.20X8	31.12.20X9
Variación del valor razonable del préstamo (en euros)	−13.440	−1.040	14.480
Variación del valor razonable del derivado (en euros)	13.424	1.047	−14.471
(Variación del valor razonable del préstamo)/(Variación del valor razonable del derivado)	100,119%	99,33%	100,06%
(Variación del valor razonable del derivado)/(Variación del valor razonable del préstamo)	99,88%	100,67%	99,93%

El porcentaje de variación está entre un 100,119% y un 99,33%, por lo que la cobertura ha sido eficaz.

c) El registro contable a realizar sería:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
31.12.20X6	Préstamo	900.000
	Tesorería	(900.000)
	Concesión y disposición del importe del préstamo	
31.12.20X7	Resultados: Intereses del préstamo	40.500
	Tesorería	(40.500)
	Devengo y liquidación de intereses del préstamo: 900.000 × 4,5%	
	Resultados: Intereses del derivado	2.700
	Tesorería	(2.700)
	Liquidación del derivado: 900.000 (4% − 4,3%)	
	Resultados: Variación del valor razonable	13.440
	Préstamo	(13.440)
	Valoración al valor razonable del préstamo: 886.560 − 900.000	
	Derivado de cobertura	13.424
	Resultados: Variación del valor razonable	(13.424)
	Valoración al valor razonable del derivado de cobertura	
31.12.20X8	Tesorería	40.500
	Resultados: Intereses del préstamo	(40.500)
	Devengo y liquidación de intereses del préstamo: 900.000 × 4,5%	
	Tesorería	6.300
	Resultados: Interés del derivado	(6.300)
	Liquidación del derivado: 900.000 (5% − 4,3%)	
	Resultados: Variación del valor razonable	1.040
	Préstamo	(1.040)
	Valoración a valor razonable del préstamo: 885.520 − 886.560	
	Derivado de cobertura	1.047
	Resultados. Variación del valor razonable	(1.047)
	Valoración del valor razonable del derivado de cobertura: 14.471 − 13.424	

(*continúa*)

(*continuación*)

31.12.20X9	Tesorería	40.500
	Resultados: Intereses del préstamo	(40.500)
	Devengo y liquidación de intereses del préstamo: 900.000 × 4,5%	
	Tesorería	15.300
	Resultados: Interés del derivado	(15.300)
	Liquidación del derivado: 900.000 (6% − 4,3%)	
	Préstamo	14.480
	Resultados: Variación del valor razonable	(14.480)
	Valoración al valor razonable del préstamo: 900.000 − 885.520	
	Resultado: Variación del valor razonable	14.471
	Derivado de cobertura	(14.471)
	Valoración al valor razonable del derivado de cobertura: 0 − 14.471	

Resumen de la cobertura:

Conceptos		31.12.20X6	31.12.20X7	31.12.20X8	31.12.20X9
Balance	Préstamo	900.000	886.560	885.520	900.000
	Derivado de cobertura Total activo	0 90.000	13.424 899.984	14.471 899.991	0 900.000
Cuenta de resultados	Intereses del préstamo Liquidación del derivado	0 0	40.500 (2.700)	40.500 6.300	40.500 15.300
	Cambios del valor del préstamo	0	(13.440)	(1.040)	14.480
	Cambios del valor del derivado	0	13.424	1.047	(14.471)
	Total	0	37.784	46.807	55.809

Caso práctico 53. Cobertura de un préstamo de interés variable con un IRS

La entidad ABC recibe el 1.1.20X7 un préstamo de 150.000.000 €, a 4 años, al tipo Euribor pagadero al final de cada año. Para cubrirse de subidas de tipo de interés contrata una permuta de intereses con las siguientes características:

— Paga el 4,12% anual sobre 150.000.000 €, liquidable el 31 de diciembre de cada año.

— Cobra Euribor sobre 150.000.000 €, liquidable el 31 de diciembre de cada año.

Los tipos de actualización son:

	31.12.20X7	31.12.20X8	31.12.20X9	31.12.20X10
01.01.20X7	4,00%	4,10%	4,15%	4,17%
31.12.20X7		4,50%	4,60%	4,70%
31.12.20X8			4,30%	4,20%
31.12.20X9				4,00%

El contrato de permuta se contabiliza como una cobertura de flujos de efectivo. El valor razonable estimado por la empresa, aplicando un modelo generalmente aceptado, de la permuta es:

	1.1.20X7	31.12.20X7	31.12.20X8	31.12.20X9	31.12.20X10
Valor razonable del contrato de permuta	0	2.201.457	145.684	−180.871	0

El Euribor con el que se paga los intereses del préstamo es:

Variable	Año 20X7	Año 20X8	Año 20X9	Año 20X10
Euribor	4,00%	4,50%	4,30%	4%

a) Registros contables de la entidad ABC durante el año 20X7.

Solución:

a) La entidad ABC, al final del año 20X7, estima el incremento de intereses que debería pagar por el préstamo recibido, como consecuencia de la subida del Euribor, realizando los siguientes cálculos:

Incremento anual esperado = (4,5% − 4%) · 150.000.000 = 750.000

Incremento esperado por el número de años en que soportará el incremento = 750.000 · 3 = 2.250.000

Incremento esperado actualizado = 2.250.000/(1 + 4,5%) = 2.153.110

Con estos datos se puede resumir así la contabilidad de la cobertura el primer año:

Ajuste recogido en el patrimonio neto por la cobertura de flujos de efectivo = 2.153.110

Variaciones del valor razonable de la permuta = 2.201.457

Variaciones del valor razonable de la permuta recogido en resultados = 2.201.457 − 2.153.110 = 48.347

Los registros contables a realizar en el ejercicio 20X7 serían:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
1.1.20X7	Tesorería	150.000.000
	Préstamo recibido	(150.000.000)
	Por el préstamo recibido	
31.12.20X7	Gasto por intereses	6.000.000
	Tesorería	(6.000.000)
	Por la periodificación y liquidación de intereses: 150.000.000 × 4%	
	Resultados de la permuta	(180.000)
	Tesorería	180.000
	Por la liquidación de la permuta (4% − 4,12%) 150.000.000	
	Derivado de cobertura	2.201.457
	Patrimonio neto: Ajustes del valor razonable	(2.153.110)
	Resultados: Ajustes del valor razonable	(48.347)
	Por la variación del valor razonable de la permuta	

El siguiente cuadro resume la cobertura de flujos de efectivo realizada:

Concepto	1.1.20X7	31.12.20X7
Pasivo		
Préstamo recibido	150.000.000	150.000.000
Activo		
Derivado de cobertura		2.201.457
Patrimonio neto		
Ajustes del derivado	—	2.153.110
Resultados		
Gastos intereses		(6.000.000)
Resultado permuta		(180.000)
Ajustes en resultado de cobertura	—	48.347

Caso práctico 54. Cobertura con permutas de las subidas del tipo de interés de una obligación actual y de una obligación prevista

El 31.12.2X00 la empresa FFF realiza dos emisiones de obligaciones con las siguientes características:

Primera emisión:

— Nominal: 1.000.000 €, a la par.

— Fecha de amortización: 31.12.2X04.

— Interés: Euribor año, liquidable el 31 de diciembre de cada año.

En la misma fecha, para cubrirse de futuras subidas en el Euribor, la empresa FFF contrata en una entidad de crédito una permuta de intereses con las siguientes características:

— Nocional: 1.000.000 €.

— Liquidación el 31 de diciembre de cada año, con las siguientes condiciones:
  - La empresa FFF pagará un interés igual al 3,8%.
  - La empresa FFF cobrará un interés igual al Euribor año.

— Vencimiento: 31.12.2X04.

— El valor razonable en el momento inicial es cero.

La evolución experimentada por el Euribor y el valor razonable del derivado, es la siguiente:

Fecha	Tipo Euribor año	Valor razonable
31.12.X01	1,7%	(29.720)
31.12.X02	1,3%	(47.820)
31.12.X03	1%	(19.070)
31.12.X04	1,9%	0

Segunda emisión:

— Nominal: 1.000.000 €, a la par.

— Fecha de amortización: 31.12.2X04.

— Interés: Libor, liquidable el 31 de diciembre de cada año.

En la fecha de emisión de las obligaciones, para cubrirse de futuras subidas en el Libor, la empresa FFF contrata en una entidad de crédito una permuta de intereses con las siguientes características:

— Nocional: 1 millón de euros.

— Liquidación el 31 de diciembre de cada año, con las siguientes condiciones:
  - La empresa FFF pagará un interés igual al 3,6%.
  - La empresa FFF cobrará un interés igual al EONIA (*Euro Index Overnight Average*).

— Vencimiento: 31.12.2X04.

— El valor razonable en el momento inicial es cero.

La evolución experimentada por el Libor, el EONIA, el valor razonable del derivado y la estimación de la variación actual acumulada de intereses consecuencia de la variación del Libor es la siguiente:

Fecha	EONIA	LIBOR	Valor razonable	Variación intereses
31.12.X01	1,68%	1,97%	(23.420)	23.000
31.12.X02	1,26%	1,53%	(39.731)	38.000
31.12.X03	1%	1,34%	(15.400)	15.000
31.12.X04	1,84%	1,95%	0	0

Unos años después, el 31.12.2X06, el consejo de administración de la empresa FFF aprueba la adquisición de un nuevo edificio para ubicar sus oficinas. El nuevo edificio se está construyendo y previsiblemente estará finalizado el 31.12.2X08. Para financiar la compra, el consejo de administración de la empresa FFF aprueba la emisión de obligaciones con las siguientes características:

— Emisión: 31.12.2X08.

— Nominal: 100.000.000 €, a la par.

— Fecha de amortización: 31.12.20X18.

— Interés: Euribor año, liquidable el 31 de diciembre de cada año.

El 31.12.2X06 la empresa FFF, para protegerse de subidas de tipo de interés, firma con una entidad de crédito una permuta de intereses con las siguientes características:

— Nocional: 100.000.000 €.

— Liquidación el 31 de diciembre de cada año, con las siguientes condiciones:
  - La empresa FFF pagará un interés igual al 5%.
  - La empresa FFF cobrará un interés igual al Euribor año.

— Fecha de inicio del contrato: 1.1.2X09.

— Fecha de vencimiento: 31.12.2X18.

— El contrato no origina ningún desembolso hasta el 31.12.2X09.

Se tiene la siguiente información adicional:

— El valor razonable del derivado es cero el 31.12.2X06, 1.180.000 € el 31.12.2X07, 804.000 € el 31.12.2X08 y 1.268.000 € el 31.12.2X09.

— En el año 2X09 el Euribor año es del 6%.

a) Contabilice las dos emisiones realizadas en los libros de la empresa FFF, suponiendo que la permuta de intereses forma parte de una cobertura contable.

b) Contabilice la cobertura de la emisión prevista hasta el 31.12.2X09, en los libros de la empresa FFF, suponiendo que la permuta de intereses forma parte de una cobertura contable.

Solución:

a) El registro contable de la primera emisión será:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
31.12.2X00	Tesorería	1.000.000
	Obligaciones emitidas	(1.000.000)
	Por la emisión de las obligaciones de la primera emisión	
31.12.2X01	Gastos financieros	21.000
	Tesorería	(21.000)
	Por el pago anual de la permuta: (1,7% − 3,8%) × 1.000.000	
	Gastos financieros	17.000
	Tesorería	(17.000)
	Por el pago de los intereses de las obligaciones: 1,7% × 1.000.000	
	Patrimonio neto: Variación del valor razonable	29.720
	Derivado	(29.720)
	Por la variación del valor razonable del derivado	
31.12.2X02	Gastos financieros	25.000
	Tesorería	(25.000)
	Por el pago anual de la permuta: (1,3% − 3,8%) × 1.000.000	

(*continúa*)

(*continuación*)

	Gastos financieros	13.000
	Tesorería	(13.000)
	Por el pago de los intereses de las obligaciones: 1,3% × 1.000.000	
	Patrimonio neto: Variación del valor razonable	18.100
	Derivado	(18.100)
	Por la variación del valor razonable del derivado	
31.12.2X03	Gastos financieros	28.000
	Tesorería	(28.000)
	Por el pago anual de la permuta: (1% – 3,8%) × 1.000.000	
	Gastos financieros	10.000
	Tesorería	(10.000)
	Por el pago de los intereses de las obligaciones: 1% × 1.000.000	
	Derivado	28.750
	Patrimonio neto: Variación del valor razonable	(28.750)
	Por la variación del valor razonable del derivado	19.500
31.12.2X04	Gastos financieros	(19.500)
	Tesorería	
	Por el pago anual de la permuta: (1,9% – 3,8%) × 1.000.000	
	Gastos financieros	19.000
	Tesorería	(19.000)
	Por el pago de los intereses de las obligaciones: 1,9% × 1.000.000	
	Derivado	19.070
	Patrimonio neto: Variación del valor razonable	(19.070)
	Por la variación del valor razonable del derivado	
	Obligaciones emitidas	1.000.000
	Tesorería	(1.000.000)
	Amortización de las obligaciones	

La entidad ha conseguido fijar el tipo de interés en el 3,8%. Probablemente la entidad se equivocó en sus previsiones: esperaba incrementos del Euribor y se han producido reducciones del mismo, motivo por el cual, con la cobertura ha pagado un interés fijo del 3,8%, superior al Euribor.

Se ha supuesto que en las variaciones del valor razonable del derivado no existe una parte ineficiente que se recoja en resultados, al ser los términos clave de las obligaciones y de la permuta idénticos:

	Emisión	Derivado
Nocional	1.000.000 euros	1.000.000 euros
Importe variable	Euribor año	Euribor año
Vencimiento	31.12.2X04	31.12.2X04

El registro contable de la segunda emisión será:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
31.12.2X00	Tesorería	1.000.000
	Obligaciones emitidas	(1.000.000)
	Por la emisión de las obligaciones de la segunda emisión	
31.12.2X01	Gastos financieros	19.200
	Tesorería	(19.200)
	Por el pago anual de la permuta: (1,68% − 3,6%) × 1.000.000	
	Gastos financieros	19.700
	Tesorería	(19.700)
	Por el pago de los intereses de las obligaciones: 1,97% × 1.000.000	
	Patrimonio neto: Variación del valor razonable	23.000
	Resultados: Variación del valor razonable	420
	Derivado	(23.420)
	Por la variación del valor razonable del derivado	
31.12.2X02	Gastos financieros	23.400
	Tesorería	(23.400)
	Por el pago anual de la permuta: (1,26% − 3,6%) × 1.000.000	
	Gastos financieros	15.300
	Tesorería	(15.300)
	Por el pago de los intereses de las obligaciones: 1,53% × 1.000.000	
	Patrimonio neto: Variación del valor razonable	15.000
	Resultados: Variación del valor razonable	1.311
	Derivado	(16.311)
	Por la variación del valor razonable del derivado	

(*continúa*)

(*continuación*)

31.12.2X03	Gastos financieros	26.000
	Tesorería	(26.000)
	Por el pago anual de la permuta: (1% − 3,6%) × 1.000.000	
	Gastos financieros	13.400
	Tesorería	(13.400)
	Por el pago de los intereses de las obligaciones: 1,34% × 1.000.000	
	Derivado	24.331
	Patrimonio neto: Variación del valor razonable	(23.000)
	Resultados: Variación del valor razonable	(1.331)
	Por la variación del valor razonable del derivado	17.600
31.12.2X04	Gastos financieros	(17.600)
	Tesorería	
	Por el pago anual de la permuta: (1,84% − 3,6%) × 1.000.000	
	Gastos financieros	19.500
	Tesorería	(19.500)
	Por el pago de los intereses de las obligaciones: 1,95% × 1.000.000	
	Derivado	15.400
	Patrimonio neto: Variación del valor razonable	(15.000)
	Resultados: Variación del valor razonable	(400)
	Por la variación del valor razonable del derivado	
	Obligaciones emitidas	1.000.000
	Tesorería	(1.000.000)
	Amortización de las obligaciones	

CAPÍTULO 7

La entidad ha pretendido cubrirse de subidas del Libor pagando un tipo fijo del 3,6% a lo largo de los años. Posiblemente la entidad se equivocó en sus previsiones: esperaba incrementos del Libor y se ha producido una reducción del mismo.

b) El registro contable de la emisión prevista será:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
31.12.2X06	*No requiere registro contable por ser cero el valor razonable del derivado y no existir desembolsos.*	
31.12.2X07	Derivado	1.180.000
	Patrimonio neto: Variación del valor razonable	(1.180.000)
	Por la variación del valor razonable del derivado	

(*continúa*)

(*continuación*)

31.12.2X08	Patrimonio neto: Variación del valor razonable	376.000
	Derivado	(376.000)
	Por la variación del valor razonable del derivado: 804.000 − 1.180.000	
	Tesorería	100.000.000
	Obligaciones emitidas	(100.000.000)
	Por la emisión de las obligaciones	
31.12.2X09	Derivado	464.000
	Patrimonio neto: Variación del valor razonable	(464.000)
	Por la variación del valor razonable del derivado: 1.268.000 − 804.000	
	Tesorería	1.0000.000
	Gastos financieros	(1.000.000)
	Liquidación anual del derivado: (6% − 5%) × 100.000.000	
	Gastos financieros	6.000.000
	Tesorería	(6.000.000)
	Por el pago de los intereses de las obligaciones emitidas: 6% × 100.000.000	

La entidad ha conseguido pagar unos intereses del 5%. Las variaciones del valor razonable del derivado se continuarán difiriendo hasta el final de la cobertura, momento en que el derivado tendrá un valor razonable igual a cero.

Se ha supuesto que en las variaciones del valor razonable del derivado no existe una parte ineficiente que se recoja en resultados, al ser los términos clave de las obligaciones que se emitirán y de la permuta idénticos:

	Emisión prevista	**Derivado**
Nocional	100.000.000 euros	100.000.000 euros
Importe variable	Euribor año	Euribor año
Vencimiento	31.12.2X18	31.12.2X18

Caso práctico 55. Cobertura financiera, de valor razonable y flujos de efectivo, para la adquisición futura de una máquina valorada en moneda extranjera

Una empresa constructora española contrata el 2.1.20X7 la compra de una máquina a un proveedor norteamericano[(1)]. La máquina se recibirá el 2.3.20X7. El precio establecido en el contrato es de 1.000.000 $, que se pagarán al recibir la máquina.

Para cubrir el riesgo de cambio, la empresa constructora contrata, el 2.1.20X7, en una entidad de crédito, la compra de 1.000.000 $ el 2.3.20X7 a un tipo de cambio de 1 $ = 0,70 €. En la fecha de realización del contrato, el valor razonable de este es cero; en ese momento, ni la empresa constructora ni la entidad de crédito realizan ningún desembolso.

Se tiene la siguiente información adicional:

— Tipo de cambio el 2.2.20X7: 1 $ = 0,73 €.

— Tipo de interés cupón cero del euro, el 2.2.20X7, hasta la fecha de vencimiento: 4%.

— Tipo de interés cupón cero del dólar, el 2.2.20X7, hasta la fecha de vencimiento: 6%.

— Tipo de cambio el 2.3.20X7: 1 $ = 0,72 €.

a) Valores razonables del derivado el 2.2.20X7 y el 2.3.20X7.

b) Registros contables en los libros de la constructora si la cobertura no se trata como una cobertura contable.

c) Registros contables en los libros de la constructora si lo registra como una cobertura de flujos de efectivo.

d) Registros contables en los libros de la constructora si lo registra como una cobertura contable del valor razonable.

Solución:

a) El valor razonable del derivado en la fecha 2.02.20X7, lo estimamos mediante un modelo de valoración. En primer lugar obtenemos el precio

(1) Se trata de un compromiso en firme y no de una transacción prevista, es decir, el incumplimiento del compromiso tendrá penalizaciones.

forward de la divisa mediante un modelo que impide en condiciones ideales la realización de arbitraje.

$$F_{tT} = s_t \frac{1 + r_{€}(T - t)}{1 + r_{\$}(T - t)} = 0{,}73 \frac{1 + 4\% \times 28/360}{1 + 6\% \times 28/360} = 0{,}728870 \text{ €/\$}$$

El valor razonable el 2.2.20X7 es:

$$VR = N \times (F_{tT} - F_{0T}) \times \frac{1}{1 + r_{€}(T - t)} = \frac{1.000.000(0{,}728870 - 0{,}70)}{1 + 4\% \times 28/360} =$$

$$= 28.780{,}16 \text{ €}$$

El valor razonable del derivado el 2.3.20X7 es el valor de la liquidación del contrato.

$$VR = 1.000.000 \times (0{,}72 - 0{,}70) = 20.000 \text{ €}$$

b) El registro contable sería:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
2.1.20X7	*El valor razonable del derivado es cero y no existen cobros ni pagos. No se requiere ningún registro contable; únicamente debe informarse en las notas.*	
2.2.20X7	Derivados de cobertura	28.780,16
	Resultado: Variaciones de valor razonable	(28.780,16)
	Valoración del derivado a su valor razonable	
2.3.20X7	Resultado: Variaciones de valor razonable	8.780,16
	Derivados de cobertura	(8.780,16)
	Valoración del derivado a valor razonable: 20.000 − 28.780,16 = − 8.780,16	
	Tesorería	20.000
	Derivados de cobertura	(20.000)
	Liquidación del derivado	
	Maquinaria	720.000
	Tesorería	(720.000)
	Liquidación del acuerdo: 1.000.000 × 0,72 = 720.000	

En el balance de la entidad quedará reflejada una maquinaria por 720.000 euros, no quedando adecuadamente reflejado que la entidad estaba cubierta contra subidas en el tipo de interés, y que el mayor coste de la maquinaria, 20.000 €, se ha compensado con una plusvalía de 20.000 € del derivado.

c) El registro contable sería:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
2.1.20X7	*No se requiere ningún registro contable; únicamente debe informarse en las notas.*	
2.2.20X7	Derivados de cobertura	28.780,16
	Patrimonio neto: Variaciones de valor razonable	(28.780,16)
	Valoración del derivado a su valor razonable. Toda la variación se registra en el patrimonio neto, al ser menor que la variación de la partida cubierta: 1.000.000(0,73 − 0,70) = 30.000.	
2.3.20X7	Patrimonio neto: Variaciones de valor razonable	8.780,16
	Derivados de cobertura	(8.780,16)
	Valoración del derivado a valor razonable: 20.000 − 28.780,16 = − 8.780,16. Se registra toda la variación en el patrimonio neto, al ser menor que la variación de la partida cubierta: 20.000 − 30.000 = − 10.000	
	Tesorería	20.000
	Derivados de cobertura	(20.000)
	Liquidación del derivado	
	Maquinaria	720.000
	Tesorería	(720.000)
	Liquidación del acuerdo: 1.000.000 × 0,72 = 720.000	

La cobertura de flujos de efectivo requiere que las variaciones en el valor razonable del derivado se difieran. Al aplicar esta cobertura, en el balance de la entidad quedará reflejada una maquinaria por 720.000 € y un incremento de patrimonio neto de 20.000 €. Este incremento de patrimonio neto se imputará en ejercicios futuros a la cuenta de resultados, cuando la máquina tenga influencia en la cuenta de resultados (por medio de amortizaciones, deterioro o baja del activo); en ese momento los estados financieros reflejarán de forma adecuada la cobertura.

Si el período de imputación es muy largo, el efecto de la cobertura en los estados financieros es menos intuitivo que si se hubiera cargado esta cuenta de patrimonio neto contra la cuenta de maquinaria en el momento de su adquisición, quedando la maquinaria valorada por 700.000 €; sin embargo, este cargo del patrimonio neto contra el activo no resulta permitido en la normativa contable.

d) El registro contable sería:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
2.1.20X7	*No se requiere ningún registro contable; únicamente debe informarse en las notas.*	
2.2.20X7	Derivados de cobertura	28.780,16
	Resultado: Variaciones de valor razonable	(28.780,16)
	Valoración del derivado a su valor razonable	
	Resultado: Variaciones de valor razonable	29.906,95
	Pasivo por compra prevista	(29.906,95)
	Variación del valor razonable del acuerdo que no se ha reconocido: 1.000.000(0,73 − 0,70)/(1 + 4% × 28/360)	
2.3.20X7	Resultado: Variaciones de valor razonable	8.780,16
	Derivados de cobertura	(8.780,16)
	Valoración del derivado a valor razonable: 20.000 − 28.780,16 = −8.780,16	
	Pasivo por compra prevista	9.906,95
	Resultado: Variaciones de valor razonable	(9.906,95)
	Variación del valor razonable del acuerdo: 20.000 − 29.906,95	
	Tesorería	20.000
	Derivados de cobertura	(20.000)
	Liquidación del derivado	
	Maquinaria	720.000
	Tesorería	(720.000)
	Liquidación del acuerdo: 1.000.000 × 0,72 = 720.000	
	Pasivo por compra prevista	20.000
	Maquinaria	(20.000)
	Ajuste del valor de la maquinaria	

La cobertura del valor razonable requiere que la partida cubierta (el acuerdo de compra) sea ajustada por sus variaciones en el valor razonable consecuencia del riesgo cubierto. Al aplicar la cobertura del valor razonable, en el balance de la entidad quedará reflejada una maquinaria por 700.000 € y una reducción de tesorería por el mismo importe; es decir, queda adecuadamente reflejado que la entidad se ha cubierto contra subidas del tipo de cambio.

Esta contabilidad implica que el pasivo por la compra solo se registra temporalmente y no se recoge por su valor razonable, sino por una parte de este.

Caso práctico 56. Cobertura de flujos de efectivo para una compra prevista de existencias valoradas en moneda extranjera

Un concesionario español de coches de importación estima el 1.7.20X7 que realizará una compra de coches a un proveedor norteamericano el 1.9.20X7 por importe de 1.000.000 $, importe que deberá pagar el 1.10.20X7. Para cubrir el riesgo de cambio, el 1.7.20X7 contrata con una entidad de crédito un *forward*, según el cual adquiere a la entidad de crédito el 1.10.20X7 un total de 1.000.000 $ a un tipo de cambio de 1 $ = 0,810 €. La estimación del valor razonable del contrato *forward* en la fecha inicial es cero, siendo este valor el precio de la transacción entre las partes en el momento inicial.

Se tiene la siguiente información adicional:

— La curva de tipos de interés del euro es plana al 4% para todas las fechas.

— La curva de tipos de interés del dólar es plana al 5% para todas las fechas.

Los tipos de cambio han sido:

Fecha	Tipo de cambio contado
1.7.20X7	1 $ = 0,812 €
1.8.20X7	1 $ = 0,800 €
1.9.20X7	1 $ = 0,845 €
1.10.20X7	1 $ = 0,830 €

a) Valor razonable del derivado el 1.8.20X7, 1.9.20X7 y 1.10.20X7.

b) Registros contables del concesionario en dichas fechas, suponiendo que los cambios del valor razonable del *forward* se tratan como una cobertura contable de flujos de efectivo.

CAPÍTULO 7

Solución:

a) Valor razonable del derivado el 1.8.20X7:

Precio del dólar *forward* el 1.8.20X7:

$$F_{tT} = S_t \frac{1 + r_{€}(T - t)}{1 + r_{\$}(T - t)} = 0{,}80 \frac{1 + 4\% \times \dfrac{61}{360}}{1 + 5\% \times \dfrac{61}{360}} = 0{,}798656 \text{ €/\$}$$

$$VR = N \times (F_{tT} - F_{0T}) \times \frac{1}{1 + r_{€}(T - t)} = \frac{1.000.000 \times (0{,}798656 - 0{,}81)}{1 + 4\% \times \frac{62}{360}} =$$

$$= -11.267{,}80 \text{ €}$$

Valor razonable del derivado el 1.9.20X7:

Precio del dólar *forward* el 1.9.20X7:

$$F_{tT} = S_t \frac{1 + r_{€}(T - t)}{1 + r_{\$}(T - t)} = 0{,}845 \frac{1 + 4\% \times \frac{30}{360}}{1 + 5\% \times \frac{30}{360}} = 0{,}844299 \text{ €/\$}$$

$$VR = N \times (F_{tT} - F_{0T}) \times \frac{1}{1 + r_{€}(T - t)} = \frac{1.000.000 \times (0{,}844299 - 0{,}81)}{1 + 4\% \times \frac{30}{360}} =$$

$$= 34.184{,}81 \text{ €}$$

Valor razonable del derivado el 1.10.20X7:

El valor razonable del contrato es el valor de la liquidación del contrato:

$$VR = N \times (S_T - F_{0T}) = 1.000.000 \times (0{,}83 - 0{,}81) = 20.000 \text{ €}$$

b) El registro contable es:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
1.7.20X7	*No requiere ningún registro, por ser cero el valor razonable y no existir ningún desembolso. Se informará en las notas.*	
1.8.20X7	Patrimonio neto: Variaciones de valor razonable	10.000
	Resultados: Variaciones de valor razonable	1.267,80
	Derivados de cobertura	(11.267,80)
	Variación del valor razonable del derivado. Se registra en el patrimonio neto la pérdida experimentada por el derivado que compensa la variación en los flujos de caja asociados con el contrato de compra previsto: 1.000.000(0,810 − − 0,800) = 10.000 y el resto (1.267,8) se reconoce en resultados.	
1.9.20X7	Derivados de cobertura	45.452,51
	Patrimonio neto: Variaciones de valor razonable	(45.000)
	Resultados: Variaciones de valor razonable	(452,51)
	Variación del valor razonable del derivado: 34.184,81 − (− 11.267,80) = = 45.452,51 *Se registra en patrimonio neto la ganancia del derivado que compensa la variación en los flujos de caja asociados con el contrato de compra: 1.000.000 (0,800 − 0,845) = − 45.000*	

(*continúa*)

(*continuación*)

	Compra de coches	845.000
	Deuda a pagar a los proveedores	(845.000)
	Por la compra de los coches: *Deuda: 1.000.000 × 0,845 = 845.000*	
	Patrimonio neto: Variaciones de valor razonable	35.000
	Compra de coches	(35.000)
	Corrección del coste de la compra con las variaciones recogidas en el patrimonio neto	
1.10.20X7	Deuda con proveedores	845.000
	Tesorería	830.000
	Resultados: Diferencias de cambio	(15.000)
	Pago de la deuda con los proveedores: 1.000.000 × 0,830 = 830.000	
	Resultados: Variación valor razonable	14.184,81
	Derivados de cobertura	(14.184,81)
	Variación del valor razonable del derivado, recogida en la cuenta de resultados para compensar las diferencias de cambio recogidas igualmente en la cuenta de resultados: 20.000 − 34.184,81 = 14.184,81	
	Tesorería	20.000
	Derivado de cobertura	(20.000)
	Liquidación del derivado	

La siguiente tabla muestra cómo la contabilidad de flujos de efectivo origina que la cuenta de resultados dé una adecuada información acerca de la cobertura realizada por la entidad.

Fecha	Compras	Variación valor razonable ineficaz	Diferencias de cambio
1.7.20X7			
1.8.20X7		(1.267,80)	
1.9.20X7	845.000 (35.000)	452,51	
1.10.20X7		815,29	15.000 (14.184,81)
Total	810.000	(815,2)	815,2

Caso práctico 57. Cobertura con un contrato de futuro de una compra prevista de gas

El 7.11.20X7 una empresa distribuidora de gas estima que comprará a un yacimiento 180.000 unidades de gas natural el 10.12.20X7. El 7.11.20X7 el gas natural tiene un precio de 0,61 €/unidad, pero para cubrirse de subidas en el precio del gas natural, la empresa distribuidora compra en esta fecha en un mercado organizado cuatro contratos de futuro sobre gas natural con las siguientes características:

— Nocional: 45.000 unidades de gas cada contrato.

— Vencimiento: 10.12.20X7.

— Precio: 0,62 €/unidad de gas.

Por la adquisición de estos contratos en el mercado organizado, la empresa no tiene que realizar ningún desembolso, pero debe dejar un depósito de garantía de 15.000 €.

La evolución de los precios ha sido la siguiente:

Concepto	30.11.20X7	10.12.20X7
Coste de gas por unidad	0,70 €/unidad	0,70 €/unidad
Precio de cada contrato de futuro	3.500 €	3.600 €

a) Efectividad de la cobertura realizada por la empresa distribuidora.

b) Contabilice estas operaciones en los libros de la distribuidora, suponiendo que el futuro forma parte de una cobertura contable, en las siguientes fechas: 7 de noviembre, 30 de noviembre y 10 de diciembre.

Solución:

a) El objetivo de la empresa es cubrir el riesgo de subidas en el precio de la compra que previsiblemente se realizará en diciembre; por tanto, la compra estimada será el elemento cubierto. Para cubrir este riesgo la empresa adquiere contratos de futuros con las siguientes características:

— El importe nocional de los contratos de futuro coincide con la compra prevista: 180.000 unidades.

— El vencimiento de los contratos coincide con la fecha en que se realizará la compra prevista.

— El valor razonable de los derivados en la fecha de compra es cero.

— Las variaciones del valor razonable de los derivados deberán compensar las variaciones en el coste de la compra prevista del gas, y deberá realizarse una prueba en el momento en que se adquieren los futuros (prueba retrospectiva) y en fechas posteriores (prueba prospectiva).

Para determinar la prueba retrospectiva, la empresa determinará al inicio la eficacia de la cobertura mirando los datos históricos en un período relevante a fin de comprobar la eficacia de la cobertura en el pasado.

Sobre la prueba prospectiva, la empresa debe comparar la evolución de los precios del gas con la evolución de los precios de los derivados:

	30 noviembre	10 diciembre
Variación importe de la compra estimada	$(0,70 - 0,61) \times 180.000 =$ $= 16.200$	$(0,7 - 0,70) \times 180.000 = 0$
Variación valor razonable de los derivados	$0 - (3.500 \times 4) = 14.000$	$(4 \times 3.600) - 14.000 = 400$
Porcentaje	115,71%	0%

Como vemos, la cobertura solo es eficaz hasta el 30 de noviembre.

b) El registro contable será:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
7.11.20X7	Depósito de garantía	15.000
	Tesorería	(15.000)
	Depósito de garantía que tiene que efectuar al comprar los contratos de futuro. Sobre la compra de los contratos de futuro, únicamente informará en las notas al ser su valor razonable cero.	
30.11.20X7	Derivado de cobertura	14.000
	Patrimonio neto: Variación del valor razonable	(14.000)
	Variación del valor razonable de todos los derivados: 4 × 3.500 = 14.000	
	Tesorería	14.000
	Derivado de cobertura	(14.000)
	Liquidación acumulada que recibe la entidad como consecuencia del incremento del precio de los futuros.	

(*continúa*)

(*continuación*)

10.12.20X7	Derivado de cobertura	400
	Resultados: Variación del valor razonable	(400)
	Variación del valor razonable del derivado: (4 × 3.600) – 14.000 = 400	
	Tesorería	400
	Derivado de cobertura	(400)
	Liquidación acumulada que recibe la entidad como consecuencia del incremento del precio de los futuros.	
	Tesorería	15.000
	Depósito de garantía	(15.000)
	Devolución del depósito de garantía al vencimiento de los contratos	
	Compra de gas	126.000
	Tesorería	(126.000)
	Compra del combustible: 180.000 × 0,70 = 126.000	
	Patrimonio neto: Variación del valor razonable	14.000
	Compra de gas	(14.000)
	Por la imputación al resultado de los incrementos del valor razonable de derivado diferidos	

En este caso el precio del contrato de futuro es el valor razonable de cada contrato, al negociarse los contratos en un mercado organizado. Tras la adquisición de los contratos de futuro, el precio del gas se ha incrementado, lo que ha motivado un mayor coste en la compra estimada de gas que se compensa con el aumento del valor razonable (precio en el mercado) de los contratos de futuro. En diciembre la cobertura no es eficaz, motivo por el cual las variaciones del valor del derivado no se recogieron inicialmente en el patrimonio neto.

Caso práctico 58. Cobertura de una compra prevista de petróleo con una permuta

Una refinería de petróleo espera comprar petróleo a un yacimiento venezolano el 31.1.20X8, ascendiendo el volumen de la compra prevista a 12.000 barriles. La refinería para cubrirse del riesgo de subidas en el precio del petróleo, firma un contrato de permuta (*commodity swap*) con una entidad de crédito el 10.12.20X7 con las siguientes características:

— Nocional: 12. 000 barriles de petróleo.

— La refinería pagará el 31.1.20X8 un precio fijado de 90 $ por barril de petróleo.

— La refinería recibirá el 31.1.20X8 un pago variable: el precio del petróleo venezolano por barril en dicha fecha.

El 10.12.20X7, fecha en que se firma el contrato con la entidad de crédito, el precio futuro de una compra en enero es 90 $/barril, por lo que el contrato tiene un valor razonable igual a cero y no origina ningún desembolso.

Se tiene la siguiente información adicional:

— El precio del petróleo se incrementó a lo largo del mes de noviembre y diciembre, motivo por el cual el valor razonable del contrato ha pasado ha ser de 115.000 $ el 31.12.20X7.

— El precio de petróleo al contado el 31.1.20X7 es 100 $.

a) Efectividad de la cobertura realizada por la refinería el 10.12.20X7.

b) Contabilice estas operaciones en los libros de la refinería, suponiendo que la permuta forma parte de una cobertura contable.

Solución:

a) El objetivo de la refinería es fijar el coste del petróleo es 90 $ por barril, evitando las posibles subidas en el precio al contado del petróleo, por ello el elemento cubierto es la compra prevista de petróleo. Los términos de la cobertura son:

	Compra prevista	Derivado
Nocional	12.000 barriles	12.000 barriles
Importe variable	Precio del barril venezolano	Pecio del barril venezolano
Vencimiento	31.1.20X8	31.1.20X8

Como los términos de la compra esperada y del derivado son consistentes, se podría considerar el 10.12.20X7 que la cobertura será efectiva.

b) El registro contable será:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
10.12.20X7	*No requiere registro contable por ser cero el valor razonable del derivado y no existir desembolsos*	
31.12.20X7	Derivado	115.000
	Patrimonio neto: Variación del valor razonable	(115.000)
	Por la variación del valor razonable del derivado	
31.1.20X7	Compra de petróleo	1.200.000
	Tesorería	(1.200.000)
	Por la compra del petróleo	
	Patrimonio neto: Variación del valor razonable	115.000
	Derivado	(115.000)
	Por la variación del valor razonable del derivado	
	Tesorería	120.000
	Compra de petróleo	(120.000)
	Por el cobro procedente del derivado, reduciendo el importe de la compra: (100 − 90) × 12.000	

La refinería ha fijado en diciembre el precio de la compra realizada en enero.

Caso práctico 59. Cobertura parcialmente eficaz de una transacción prevista en moneda extranjera

La entidad europea MMM fabrica productos que se venden a clientes norteamericanos. Para reducir el riesgo de cambio de los dólares provenientes de las ventas se ha tomado la siguiente estrategia:

— Se contrata un *forward* como cobertura sobre el 100% de los compromisos en firme, es decir, para los compromisos donde ya se ha fijado el precio en dólares.

— Se contrata un *forward* por un 50% de la cuantía de las transacciones previstas altamente probables, siempre que las transacciones previstas correspondan a los próximos 3 meses.

La entidad MMM proyecta el 2.1.20X7 que sus ingresos por ventas en el mes de abril de 20X7 serán de 20.000.000 \$. A 28 de febrero de 20X7, el total de las ventas de abril de 20X7 siguen siendo transacciones previstas, sin haber surgido aún un compromiso en firme al respecto; por lo tanto, en esta fecha se cubre únicamente el 50% del total de las ventas previstas. Esta cobertura se instrumentó a través un contrato *forward* de moneda extranjera con una entidad de crédito, que se liquidará por diferencias, con vencimiento el 15 de mayo de 20X7, para vender 10.000.000 \$ a un tipo de cambio de 1 € = 0,7066 \$. El 31 de marzo de 20X7, todos los contratos por ventas previstas en abril han sido firmados, por lo que se contrata otro *forward* de moneda extranjera, que se liquidará por diferencias, para vender dólares a un tipo de cambio de 1 € = 0,7300 \$, con vencimiento el 15 de mayo de 20X7, cubriendo los cobros a recibir sobre el 50% restante de las ventas. El 30 de abril se facturan las ventas por 20.000.000 \$. Para registrar sus ventas, la entidad utiliza el tipo de cambio promedio del mes, al producirse las ventas durante todo el mes. Los cobros por las ventas se reciben a lo largo del mes de mayo, y para su registro contable se utiliza el tipo de cambio promedio del mes, habiéndose producido todo el cobro el 31 de mayo.

Se conoce la siguiente información:

Fechas	Tipo interés \$	Tipo interés €	Tipo contado	Tipo *forward* 31-may	Tipo promedio
28-feb	5,10%	4,00%	€ = 0,7050	€ = 0,7066	€ = 0,7040
31-mar	5,05%	3,98%	€ = 0,7290	€ = 0,7300	€ = 0,7175
30-abr	5,00%	4,10%	€ = 0,7310	€ = 0,7313	€ = 0,7302
15-may			€ = 0,7360	€ = 0,7360	
31-may			€ = 0,7390		€ = 0,7357

CAPÍTULO 7

a) Cálculo del valor razonable en las siguientes fechas: 28 de febrero, 31 de marzo, 30 de abril, 15 de mayo y 31 de mayo.

b) Efectividad de la cobertura.

c) Registros contables en las anteriores fechas, suponiendo que la cobertura se designa, documenta y contabiliza como una cobertura de flujo de efectivo.

d) Principales datos a incluir a la hora documentar la cobertura.

Solución:

a) Existen dos contratos. El primer contrato *forward* lo realiza sobre un nocional de 10.000.000 \$ a un tipo de cambio 0,7066 dólares por euro, siendo el vencimiento el 15 de mayo de 20X7. El segundo contrato *forward* lo realiza sobre un nocional de 10.000.000 \$ a un tipo de cambio 0,7300 dólares por euro, siendo el vencimiento el 15 de mayo de 20X7. Los valores razonables de estos contratos serían:

Valor razonable primer contrato *forward* el 31 de marzo:

$$VR = \frac{-10.000.000(0{,}73 - 0{,}7066)}{1 + 4{,}0\% \times (45/360)} = -232.311{,}78 \text{ €}$$

Valor razonable primer contrato *forward* el 30 de abril:

$$VR = \frac{-10.000.000(0{,}7313 - 0{,}7066)}{1 + 4{,}10\% \times (15/360)} = -246.081{,}61 \text{ €}$$

Valor razonable primer contrato *forward* el 15 de mayo:

Es el valor de la liquidación del contrato y el tipo de cambio *forward* ya es el contado.

$$VR = -10.000.000(0{,}7360 - 0{,}7066) = -293.765{,}43 \text{ €}$$

Valor razonable del segundo contrato *forward* el 30 de abril:

$$VR = \frac{-10.000.000(0{,}7313 - 0{,}7300)}{1 + 4{,}10\% \times (15/360)} = -13.012{,}24 \text{ €}$$

Valor razonable del segundo contrato *forward* el 15 de mayo:

Es el valor de la liquidación del contrato y el tipo de cambio *forward* ya es el contado.

$$VR = -10.000.000(0{,}7360 - 0{,}7300) = -60.297{,}89 \text{ €}$$

Estos resultados se resumen en la siguiente tabla:

Fecha	Días	Tipo $	Tipo €	Contado	*Forward*	Promedio	VR 1	VR 2
28-feb	76,00	5,10%	4,00%	0,7050	0,7066	0,7040	0,00	
31-mar	45,00	5,05%	3,98%	0,7290	0,7300	0,7175	− 232.311,78	0,00
30-abr	15,00	5,00%	4,10%	0,7310	0,7313	0,7302	− 246.081,61	− 13.012,24
15-may	0,00			0,7360	0,7360		− 293.765,43	− 60.297,89
31-may				0,7390		0,7357		

b) La entidad MMM está cubriendo el valor en euros de las ventas del mes de abril que las contabiliza con el tipo de cambio contado promedio del mes. El problema está en definir el riesgo ya que, cuando se cubre con el primer contrato, las ventas todavía no son en firme. Podría tomarse como ingresos esperados respecto a los cuales medir la eficacia de la cobertura, los que se calculan con el tipo de cambio medio en la fecha en la que contrata el *forward*, utilizando el cambio medio porque ese es el criterio de la empresa para la contabilización de la facturación.

i) Ingresos esperados el 28 de febrero con el tipo de cambio promedio de febrero:

$$IE = 10.000.000 \times 0{,}7040 = 7.040.000 \text{ €}$$

Ingresos realizados el 31/5 con el tipo de cambio promedio de mayo:

CAPÍTULO 7

$$IR = 10.000.000 \times 0{,}7357 = 7.357.000 \text{ €}$$

Diferencia entre ingresos realizados e ingresos esperados:

$$\text{Diferencia de flujos} = 7.357.000 - 7.040.000 = 317.000 \text{ €}$$

Importe de la cobertura en valor absoluto 293.765,43.

$$\text{Eficacia de la cobertura } REC = \frac{293.765{,}43}{317.000} = 92{,}7\%$$

ii) Ingresos esperados el 31 de marzo con el tipo de cambio promedio de marzo:

$$IE = 10.000.000 \times 0{,}7175 = 7.175.000 \text{ €}$$

Ingresos realizados el 31 de mayo con el tipo de cambio promedio de mayo:

$$IR = 10.000.000 \times 0{,}7357 = 7.357.000 \text{ €}$$

Diferencia entre ingresos realizados e ingresos esperados:

$$\text{Diferencia de flujos} = 7.357.000 - 7.175.000 = 182.000 \text{ €}$$

Importe de la cobertura en valor absoluto 60.297,89.

$$\text{Eficacia de la cobertura } REC = \frac{60.297{,}89}{182.000} = 33{,}1\%$$

Los resultados obtenidos se pueden resumir en la siguiente tabla:

Fecha	Cantidad	Tipo de cambio	IE	Tipo facturac.	IR	Diferencia	Cobertura	Ratio
28-feb	10.000.000	0,7040	7.040.000	0,7357	7.357.000	317.000	−293.765,43	92,7%
31-mar	10.000.000	0,7175	7.175.000	0,7357	7.357.000	182.000	−60.297,89	33,1%
			14.215.000		14.714.000	499.000	−354.063,32	71,0%

$$\text{La eficacia conjunta de los dos contratos es } REC = \frac{354.063{,}32}{499.000} = 71{,}0\%$$

La falta de eficacia 100% se debe al criterio de contabilización basándose en la media de los tipos de cambio y, por el contrario, la liquidación del contrato *forward* y el precio inicial se determinan para cada día.

La cobertura sería más eficaz negociando una opción asiática sobre el tipo de cambio que liquida a partir de la media de los tipos de cambio. Es una cobertura distinta al *forward* porque, primero, es una opción y, segundo, la empresa tiene que pagar la prima. También puede definirse un contrato *forward* en el que la liquidación se realice a partir de la media de precios.

c) El registro contable será:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
28.2.20x7	*El valor razonable de primer* forward *es cero, por lo que no resulta preciso ningún registro; únicamente debe informarse en las notas.*	
31.3.20X7	Patrimonio neto: Variación del valor razonable	232.311,78
	Primer derivado: Cobertura	(232.311,78)
	Por la variación del valor razonable del primer forward. *Al ser cero el valor razonable del segundo* forward, *no resulta preciso ningún registro en el momento de su contratación; únicamente debe informarse en la memoria.*	
30.4.20x7	Cuentas por cobrar en moneda extranjera	14.604.000
	Ingresos por ventas	(14.604.000)
	Importe de las ventas, aplicando el tipo de cambio promedio del mes: 20.000.000 × 0,7302 = 14.604.000.	
	Cuentas por cobrar en moneda extranjera	8.000
	Resultados: variación tipo cambio cubierta	(8.000)
	Variación de cuentas a cobrar cubiertas con el primer forward, *por aplicación del tipo de cambio de cierre: 10.000.000 × (0,7310 − 0,7302) = 8.000.*	

(*continúa*)

(*continuación*)

	Cuentas por cobrar en moneda extranjera	8.000
	Resultados: variación tipo cambio no cubierta	(8.000)
	Variación de cuentas a cobrar no cubiertas con el segundo forward, *por aplicación del tipo de cambio de cierre:* *10.000.000 × (0,7310 − 0,7302) = 8.000.*	
	Patrimonio neto: Variación del valor razonable	8.000
	Cuenta de resultados: Variación del valor razonable	(5.769,83)
	Primer derivado: Cobertura	13.769,83
	Variación del valor razonable del primer derivado, distinguiendo entre la parte eficaz que se recoge en patrimonio neto y la parte ineficaz que se recoge en la cuenta de resultados: − (246.081,61 − 232.311,78) = 13.769,83	
	Cuenta de resultados: Variación del valor razonable	13.012,24
	Segundo derivado	(13.012,24)
	Variación del valor razonable del segundo derivado, que no se aplica la contabilidad de coberturas.	
	Patrimonio neto: Variación del valor razonable	240.311,78
	Ingresos por ventas	(240.311,78)
	Reconocimiento en la cuenta de resultados de las variaciones del valor razonable del primer derivado registradas hasta este momento en el patrimonio neto: 232.311,78 + 8.000.	
15.1.20X7	Cuenta de resultados: Variación del valor razonable	47.683,82
	Primer derivado: Cobertura	(47.683,82)
	Variación del valor razonable del primer derivado: *− (293.765,43 − 246.081,61) = − 47.683,82*	
	Cuenta de resultados: Variación del valor razonable	47.285,65
	Segundo derivado	(47.285,65)
	Variación del valor razonable del segundo derivado: *− (60.297,89 − 13.012,24) = − 47.285,65*	
	Primer derivado: Cobertura	293.765,43
	Tesorería	(293.765,43)
	Por la liquidación por diferencias del primer derivado	
	Segundo derivado	60.297,89
	Tesorería	(60.297,89)
	Por la liquidación por diferencias del segundo derivado	
31.5.20X7	Cuentas por cobrar en moneda extranjera	94.000
	Resultados: variación tipo cambio	(94.000)
	Por la valoración del saldo de los clientes al tipo de cambio vigente en el momento del cobro: 20.000.000(0,7357 − 0,7310) = 94.000.	

(*continúa*)

(*continuación*)

	Tesorería: Moneda extranjera	14.714.000
	Cuentas por cobrar en moneda extranjera	(14.714.000)
	Por el cobro a lo largo del mes: 20.000.000 × 0,7357 = 14.714.000	
	Tesorería: Moneda extranjera	66.000
	Resultados: variación tipo cambio	(66.000)
	Valoración de la moneda extranjera al final del mes de mayo, aplicando el tipo de cambio de cierre: 20.000.000(0,7390 − 07357) = 66.000.	

El valor razonable negativo de los *forwards* refleja las pérdidas que tiene la entidad MMM con estos contratos al haber vendido los dólares a un tipo de cambio inferior al de mercado el 31 de mayo.

Solo el primer *forward* realiza una cobertura eficaz; por ello solo a este primer *forward* resulta posible aplicar la contabilidad de coberturas. Al aplicar la contabilidad de coberturas, comprobamos que en el mes de abril la entidad registra las ventas, y recoge en el balance flujos de efectivo cubiertos como cuentas a cobrar por importe de 10.000.000 $. Desde este momento, no resulta preciso seguir aplicando la contabilidad de coberturas, ya que las plusvalías y minusvalías que surgen en estas cuentas a cobrar consecuencia de las variaciones del tipo de cambio se recogen directamente en la cuenta de resultados, donde se compensan con los cambios en el valor razonable del primer *forward*; por ello, en este momento se deberán recoger en la cuenta de resultados las variaciones en el valor del primer *forward* que se habían recogido hasta este momento en el patrimonio neto.

d) La entidad MMM, al documentar la primera cobertura, debería informar sobre aspectos como los que de forma resumida mostramos a continuación:

— Tipo de cobertura: cobertura de tipo de cambio sobre los flujos de efectivo asociados a las ventas estimadas en moneda extranjera.

— Fecha de contratación de la cobertura: 28 de febrero de 20X7.

— Finalización de la cobertura: 15 de mayo de 20x7.

— Evento sujeto a cobertura: ventas en dólares, siendo la moneda funcional el euro.

— Importe total del evento: 10.000.000 $.

— Fecha en que se espera que la transacción estimada sea efectiva: En mayo de 200X7.

— Tipo de cobertura contable a utilizar: cobertura de flujos de efectivo.

— Naturaleza del riesgo cubierto: tipo de cambio.

— Características del instrumento derivado utilizado para la cobertura:

- Contrato *forward*.
- Venta de dólares (liquidación por diferencias).
- Contraparte: entidad de crédito.
- Fecha de contratación: 28 de febrero de 20X7.
- Nocional: 10.000.000 $.
- Tipo *forward* pactado: 0,7066 dólares por euro.
- Fecha liquidación: 15 mayo de 20X7.

— Estrategia: reducir la variabilidad cambiaria.

— Evaluación de la cobertura de prospectiva: se considera que las plusvalías y minusvalías en las cuentas a cobrar consecuencia de la variación del tipo de cambio se compensarán de forma efectiva con las plusvalías y minusvalías del derivado.

— Método para evaluar la efectividad de la cobertura, de forma retrospectiva: comparación de los ingresos esperados con los ingresos efectivamente realizados.

Caso práctico 60. Cobertura temporal con un IRS de una inversión en bonos

La entidad FFF adquiere el 31.12.20X0, fecha de su emisión, bonos con las siguientes características:

— Valor nominal: 100 millones de pesos mexicanos.

— Importe pagado en la adquisición: 89 millones de pesos.

— Interés anual de los bonos: 10%.

— Fecha de pago de intereses: 31 de diciembre de cada año.

— Plazo: 6 años.

Los bonos adquiridos como inversión se califican en la cartera de mantenidos a vencimiento.

El 2.1.20X3 la entidad FFF contrata con una entidad de crédito un IRS, con el objetivo de cubrirse de los cambios en el valor razonable de los bonos adquiridos, siendo cero el valor razonable de este derivado en el momento de la contratación.

El valor razonable de los bonos tras el pago del cupón y del IRS es (en millones de pesos):

Fecha	Valor razonable del bono	Valor razonable del IRS
31.12.X1	100	—
31.12.X2	93,93	—
31.12.X3	105,15	(12)
31.12.X4	103,57	(9)
31.12.X5	102,85	—

a) Contabilice estas operaciones en los libros de la entidad FFF, suponiendo que el IRS se contabiliza como una cobertura contable, cesando la relación de cobertura el 31.12.20X4, fecha en la que se liquida el IRS.

Solución:

a) Calculemos primeramente el coste amortizado de los bonos, sin considerar la cobertura. El tipo de interés efectivo de los bonos adquiridos es:

$$89.000.000 = 10.000.000/(1 + i)^1 + 10.000.000/(1 + i)^2 + \cdots + \\ + 110.000.000/(1 + i)^6$$

Despejando obtenemos que $i = 12{,}73\%$, lo que nos permite calcular el coste amortizado en la siguiente tabla (en millones de pesos):

Fecha	Intereses devengados	Intereses pagados	Principal pagado	Coste amortizado
31.12.20X0	0	0	0	89
31.12.20X1	11,33	10	0	90,33
31.12.20X2	11,50	10	0	91,83
31.12.20X3	11,69	10	0	93,52
31.12.20X4	11,91	10	0	95,43
31.12.20X5	12,15	10	0	97,58
31.12.20x6	12,42	10	100	0

Los bonos deberán valorarse a coste amortizado hasta el balance presentado el 31.12.20X2, momento en el cual se comienza a contabilizar como parte de una cobertura de valor razonable; es decir, durante esos dos años que dura la cobertura hay que valorar los bonos a valor razonable. La siguiente tabla muestra la valoración de los bonos considerando la cobertura (en millones de pesos):

Fecha	Inter. dev.	Inter. y princip. pag.	Coste amort.	Valor razonab.	Valor cont.	Result. oper. finan.	Result. cob.	Acum. cob.
31.12.X0	—	—	89	—	89	—	—	—
31.12.X1	11,33	10	90,33	100	90,33	—	—	—
31.12.X2	11,50	10	91,83	93,93	91,83	—	—	—
31.12.X3	11,69	10	93,52	105,15	105,15	11,62	−12	−12
31.12.X4	11,91	10	107,06	103,57	103,57	−3,49	3	−9

Como vemos en la anterior tabla, el valor contable de los bonos coincide hasta el año 20X3 con su coste amortizado; sin embargo, en los dos años que dura la cobertura se valora a valor razonable. En el año 20X3 se produce: un resultado de operaciones financieras consecuencia de valorar el préstamo a valor razonable (105,15 − 93,52 = 11,62); un resultado de la cobertura, consecuencia del decremento de valor del IRS (0 − 12 = −12), resultado de signo contrario a los bonos que cubren. En el año 20X4, el coste amortizado será igual al valor razonable que se registró en el año 20X3 más los intereses devengados y no cobrados (105,15 + 11,91 − 10 = 107,06), produciéndose los siguientes resultados: una pérdida por operaciones financieras por la diferencia entre el coste amortizado y el valor razonable (103,57 − 107,06 = −3,49); un resultado de signo contrario de la cobertura consecuencia del incremento de valor del IRS (9 − 12).

A final del año 20X4 tenemos valorados los bonos por 103,57, que es su valor razonable en ese momento; sin embargo, en los dos años restantes hay que volver a valorarlo al coste amortizado. Por este motivo, resulta necesario volver a calcular el tipo de interés efectivo.

Si no se calculara nuevamente el interés efectivo, y suponemos que el coste amortizado es el valor por el que figura en balance los bonos más los intereses devengados menos los intereses pagados (103,57 + 12,15 − 10 = 105,72), ocurriría lo siguiente (datos en millones de pesos):

Fecha	Inter. dev.	Inter. y princip. pag.	Coste amort.	Valor razonab.	Valor cont.	Result. oper. finan.	Result. cob.	Acum. cob.
31.12.X0	—	—	89	—	89	—	—	—
31.12.X1	11,33	10	90,33	100	90,33	—	—	—
31.12.X2	11,50	10	91,83	93,93	91,83	—	—	—
31.12.X3	11,69	10	93,52	105,15	105,15	11,62	−12	−12
31.12.X4	11,91	10	107,06	103,57	103,57	−3,49	3	−9
31.12.x5	12,15	10	105,72	102,85	105,72	—	—	—
31.12.x6	12,42	110	8,14	0	0	−8,14	—	—

Vemos que en el caso de no calcular nuevamente el tipo efectivo, al vencimiento hay que llevar a la cuenta de resultados del año 20X6 el incremento de valor en libros consecuencia de la cobertura (95,43 − 103,57 = −8,14). Para distribuir esta diferencia en los períodos restantes hasta el vencimiento se calcula de nuevo el interés efectivo.

$$103.570.000 = 10.000.000/(1 + i)^1 + 110.000.000/(1 + i)^2$$

Despejando obtenemos que $i = 8\%$, lo que nos permite obtener la siguiente tabla corregida (en millones de pesos):

Fecha	Inter. dev.	Inter. y princip. pag.	Coste amort.	Valor razonab.	Valor cont.	Result. oper. finan.	Resulta. cob.	Acum. cob.
31.12.X0	—	—	89	—	89	—	—	—
31.12.X1	11,33	10	90,33	100	90,33	—	—	—
31.12.X2	11,50	10	91,83	93,93	91,83	—	—	—
31.12.X3	11,69	10	93,52	105,15	105,15	11,62	−12	−12
31.12.X4	11,91	10	107,06	103,57	103,57	−3,49	3	−9
31.12.X5	8,28	10	101,85	102,85	101,85	—	—	—
31.12.X6	8,148	110	0	0	0	—	—	—

El registro contable será (en millones de pesos):

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
31.12.20X0	Bonos	89
	Tesorería	(89)
	Por la compra de los bonos	
31.12.200X1	Bonos	1,33
	Tesorería	10
	Cuenta de resultados: Ingresos	(11,33)
	Por el devengo y cobro de intereses, valorando los bonos a coste amortizado	
31.12.20X2	Bonos	1,50
	Tesorería	10
	Cuenta de resultados: Ingresos	(11,50)
	Por el devengo y cobro de intereses, valorando el bono a coste amortizado	
31.12.20X3	Bonos	1,69
	Tesorería	10
	Cuenta de resultados: Ingresos	(11,69)
	Por el devengo y cobro de intereses	
	Bonos	11,6
	Cuenta de resultados: Variación de valor	(11,6)
	Por la valoración de los bonos al valor razonable, por ser parte de una cobertura de valor razonable	
	Cuenta de resultados: Variación de valor	12
	Derivado de cobertura	(12)
	Por las variaciones del valor razonable del derivado de cobertura	
31.12.20X4	Bonos	1,91
	Tesorería	10
	Cuenta de resultados: Ingresos	(11,91)
	Por el devengo y cobro de intereses	
	Bonos	(3,49)
	Cuenta de resultados: Variación de valor	3,49
	Por la valoración del bono al valor razonable, por ser parte de una cobertura de valor razonable	

(*continúa*)

(*continuación*)

	Derivado de cobertura	3
	Cuenta de resultados: Variación de valor	(3)
	Por las variaciones del valor razonable del derivado de cobertura	
	Derivado de cobertura	9
	Tesorería	(9)
	Por la liquidación del instrumento de cobertura	
31.12.20X5	Bonos	(1,71)
	Tesorería	10
	Cuenta de resultados: Ingresos	(8,28)
	Por el devengo y cobro de intereses. Los bonos vuelven a valorarse a coste amortizado.	
31.12.20X6	Bonos	(1,85)
	Tesorería	10
	Cuenta de resultados: Ingresos	(8,14)
	Por el devengo y cobro de intereses. El bono se valora a coste amortizado.	
	Tesorería	100
	Bonos	(100)
	Por la recuperación del principal de los bonos	

Podemos analizar el coste que ha tenido la cobertura, analizando la cuenta de resultados (en millones de pesos):

Fecha	Concepto	Valores sin cobertura	Valores con cobertura
31.12.20X0	Ingresos por intereses devengados	0	0
31.12.20X1		11,33	11,33
31.12.20X2		11,50	11,50
31.12.20X3		11,69	11,69
31.12.20X4		11,91	11,91
31.12.20X5		12,15	8,28
31.12.20X6		12,42	8,14
31.12.20X0	Variación del valor razonable de los bonos	0	0
31.12.20X1		0	0
31.12.20X2		0	0
31.12.20X3		0	11,62
31.12.20X4		0	(3,49)
31.12.20X5		0	0
31.12.20X6		0	0

(*continúa*)

(*continuación*)

31.12.20X0 31.12.20X1 31.12.20X2 31.12.20X3 31.12.20X4 31.12.20X5 31.12.20x6	Variación del valor razonable del derivado	0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 (12) 3 0 0
	Resultado total	71	61,98

La cobertura ha tenido un coste de 9,02 millones de pesos, ya que en lugar de obtener un resultado de 71 millones de pesos se ha obtenido un resultado de 61,98 millones de pesos.

Caso práctico 61. Permuta de intereses que forma parte de una cobertura contable de unas obligaciones emitidas con interés fijo

El 31.12.20X0 la empresa MMM emite unas obligaciones con las siguientes características:

— Nominal: 300.000.000 €.

— Emisión a la par.

— Fecha de amortización: 31.12.20X4.

— Interés: 5,60%, liquidable el 31 de diciembre de cada año, hasta el 31.12.20X4.

En la misma fecha, la empresa MMM contrata con una entidad de crédito una permuta de intereses con las siguientes características:

— Nocional: 300.000.000 €.

— Liquidación el 31 de diciembre de cada año, con las siguientes condiciones:

- La empresa MMM pagará un Euribor-año.
- La empresa MMM cobrará un interés fijo igual al 5,09%.

— Vencimiento: 31.12.20X4.

— El contrato tiene en el inicio precio cero que es el valor razonable del contrato.

— El tipo de interés Euribor año para la liquidación del 31.12.20X1 es 4,90%.

Se tienen los siguientes datos sobre los tipos de interés cupón cero:

	31.12.20X1	31.12.20X2	31.12.20X3	31.12.20X4
1.1.20X1	4,90%	4,95%	4,97%	5,10%
31.12.20X1		5,00%	5,10%	5,25%
31.12.20X2			6,00%	6,20%
31.12.20X3				7,00%

a) Obtenga para la empresa MMM, el valor razonable de las obligaciones en las fechas siguientes: 31.12.20X1, 31.12.20X2 y 31.12.20X3.

b) Obtenga, para la empresa MMM, el valor razonable de la permuta mediante un modelo de valoración generalmente aceptado en las mismas fechas.

c) Eficacia de la cobertura.

d) Contabilice estas operaciones en los libros de la empresa MMM, suponiendo que la permuta de intereses forma parte de una cobertura contable de valor razonable.

Solución:

a) Para calcular el valor razonable de las obligaciones, en primer lugar vamos a hallar la prima de riesgo del emisor.

El precio del bono se obtiene descontando los flujos de caja contractuales con los tipos de interés cupón cero a los que se les añade la prima de riesgo, denominada *p*.

$$100 = \frac{5{,}60}{1+4{,}90\%+p} + \frac{5{,}60}{(1+4{,}95\%+p)^2} + \frac{5{,}60}{(1+4{,}97\%+p)^3} + \frac{105{,}60}{(1+5{,}10\%+p)^4}$$

De esta ecuación se obtiene $p = 0{,}51\%$.

Los precios de las obligaciones en las fechas 31.12.0X1, 31.12.20X2 y 31.12.20X3, suponiendo que la prima de riesgo se mantiene, son:

31.12.20X1

$$P = 99{,}592\% =$$
$$= \frac{5{,}60}{1+5{,}00\%+0{,}51\%} + \frac{5{,}60}{(1+5{,}10\%+0{,}51\%)^2} + \frac{105{,}60}{(1+5{,}25\%+0{,}51\%)^3}$$

31.12.20X2

$$P = 97{,}991\% = \frac{5{,}60}{1+6{,}00\%+0{,}51\%} + \frac{105{,}60}{(1+6{,}20\%+0{,}51\%)^2}$$

31.12.20X3

$$P = 98{,}222\% = \frac{105{,}60}{(1+7{,}00\%+0{,}51\%)^2}$$

b) Valor razonable de la permuta el 31.12.20X1:

			VR	−1.246.884					
31.12.20X1	**Días**	**Tipos**	***G*(0, *T*)**	**Variables**	**Fijo**	**FV**	**FF**	**VAFV**	**VAFF**
31.12.20X2	365	5,00%	0,952381	5,00%	5,09%	15.000.000	15.277.916	14.285.714	14.550.396
31.12.20X3	730	5,10%	0,905304	5,20%	5,09%	15.600.286	15.277.916	14.123.005	13.831.163
31.12.20X4	1.096	5,25%	0,857576	5,57%	5,09%	16.742.065	15.319.773	14.357.599	13.137.876
								42.766.318	41.519.435

$$VR = 41.519.435 - 42.755.318 = -1.246.884$$

Valor razonable de la permuta el 31.12.20X2:

			VR	−6.102.235					
31.12.20X2	**Días**	**Tipos**	***G*(0, *T*)**	**Variables**	**Fijo**	**FV**	**FF**	**VAFV**	**VAFF**
31.12.20X3	365	6,00%	0,943396	6,00%	5,09%	18.000.000	15.277.916	16.981.132	14.413.128
31.12.20X4	731	6,20%	0,886501	6,42%	5,09%	19.306.492	15.319.773	17.115.231	13.581.000
								34.096.363	27.994.128

$$VR = 27.994.128 - 34.096.363 = -6.102.235$$

Valor razonable de la permuta el 31.12.20X3:

			VR	−3.974.574					
31.12.20X3	**Días**	**Tipos**	***G*(0, *T*)**	**Variables**	**Fijo**	**FV**	**FF**	**VAFV**	**VAFF**
31.12.20X4	366	6,50%	0,938805	6,50%	5,09%	19.553.425	15.319.773	18.356.856	14.382.282

$$VR = 14.382.282 - 18.356.856 = -3.974.574$$

c) Para analizar la eficacia de la cobertura, comparamos la valoración de las obligaciones y de la permuta en cada fecha relevante, observando los cambios de valor razonable.

	Valor obligaciones	Valor permuta	Variación obligaciones	Variación permuta	Variación neta	Eficacia cobertura
31.12.20X0	−300.000.000	0				
31.12.20X1	−298.775.512	−1.246.884	1.224.488	−1.246.884	−22.396	101,8%
31.12.20X2	−293.973.854	−6.102.235	4.801.658	−4.855.352	−53.693	101,1%
31.12.20X3	−294.664.784	−3.974.574	−690.930	2.127.662	1.436.732	148,1%
31.12.20X4	−300.000.000	0	−5.335.216	3.974.574	1.360.642	134,2%

Las obligaciones se registran con signo menos para indicar que son pasivos del emisor. Un descenso de precio implica un menor pasivo y, por lo tanto, una ganancia.

La eficacia se mide en cada fecha mediante el cociente de la variación del valor razonable del instrumento de cobertura y la variación del instrumento cubierto, ambos en valor en absoluto y partiendo de que tienen signos opuestos. Si no fuese así, la cobertura no es tal, y lo que ha ocurrido es que se ha amplificado el riesgo o, en su caso, los beneficios.

d) El registro contable, si forma parte de una cobertura del valor razonable, sería el siguiente:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
31.12.20X0	Tesorería	300.000.000
	Obligaciones emitidas	(300.000.000)
	Emisión de las obligaciones de interés fijo. La contratación del derivado no requiere ningún registro contable.	
31.12.20X1	Resultados: Intereses devengados	16.800.000
	Obligaciones emitidas	(16.800.000)
	Devengo de intereses de las obligaciones (intereses devengados a lo largo del ejercicio 20X1): 300.000.000 × 5,60% = 16.800.000	
	Obligaciones emitidas	16.800.000
	Tesorería	(16.800.000)
	Pago de los intereses a los inversores	
	Obligaciones emitidas	1.224.000
	Resultado: Variaciones del valor razonable	(1.224.000)
	Por ser una cobertura de valor razonable, se deben valorar las obligaciones (partida cubierta) a su valor razonable igual que el instrumento de cobertura (derivado). Valoración de las obligaciones a valor razonable: − (99,592% − 100%) × 300.000.000 = 1.224.000	

(*continúa*)

(*continuación*)

	Tesorería	570.000
	Resultados: Liquidación del derivado	(570.000)
	Liquidación del derivado: *A cobrar: 300.000.000 × 5,09% = 15.270.000* *A pagar: 300.000.000 × 4,90% = 14.700.000*	
	Resultado: Variaciones de valor razonable	1.246.884
	Derivados de cobertura	(1.246.884)
	Valoración del derivado a valor razonable	
31.12.20X2	Resultados: Intereses devengados	16.800.000
	Obligaciones emitidas	(16.800.000)
	Devengo de intereses de las obligaciones (intereses devengados a lo largo del ejercicio 20X2): 300.000.000 × 5,60% = 16.800.000	
	Obligaciones emitidas	16.800.000
	Tesorería	(16.800.000)
	Pago de los intereses a los inversores	
	Obligaciones emitidas	269.378.700
	Resultado: Variaciones del valor razonable	(269.378.700)
	Valoración de las obligaciones a valor razonable: *− (97,991% − 99,592%) × 300.000.000 = 269.378.700*	
	Tesorería	270.000
	Resultados: Liquidación del derivado	(270.000)
	Liquidación del derivado: *A cobrar: 300.000.000 × 5,09% = 15.270.000* *A pagar: 300.000.000 × 5% = 15.000.000*	
	Resultado: Variaciones del valor razonable	4.855.351
	Derivados de cobertura	(4.855.351)
	Valoración del derivado a valor razonable: *− 6.102.235 − (− 1.246.884) = − 4.855.351*	
31.12.20X3	Resultados: Intereses devengados	16.800.000
	Obligaciones emitidas	(16.800.000)
	Devengo de intereses de las obligaciones (intereses devengados a lo largo del ejercicio 20X3): 300.000.000 × 5,60% = 16.800.000	
	Obligaciones emitidas	16.800.000
	Tesorería	(16.800.000)
	Pago de los intereses a los inversores	

(*continúa*)

(*continuación*)

	Resultado: Variaciones del valor razonable	693.000
	Obligaciones emitidas	(693.000)
	Valoración de las obligaciones a valor razonable: *− (98,222% − 97,991%) × 300.000.000 = − 693.000*	
	Resultados: Liquidación del derivado	2.730.000
	Tesorería	(2.730.000)
	Liquidación del derivado: *A cobrar: 300.000.000 × 5,09% = 15.270.000* *A pagar: 300.000.000 × 6% = 18.000.000*	
	Derivado de cobertura	2.127.661
	Resultado: Variaciones del valor razonable	(2.127.661)
	Valoración del derivado a valor razonable: *− 3.974.574 − (− 6.102.235) = 2.127.661*	
31.12.20X4	Resultados: Intereses devengados	16.800.000
	Obligaciones emitidas	(16.800.000)
	Devengo de intereses de las obligaciones (intereses devengados a lo largo del ejercicio 20X3): 300.000.000 × 5,60% = 16.800.000	
	Obligaciones emitidas	16.800.000
	Tesorería	(16.800.000)
	Pago de los intereses a los inversores	
	Resultado: Variaciones del valor razonable	5.334.000
	Obligaciones emitidas	(5.334.000)
	Valoración de las obligaciones a valor razonable: *− (100% − 98,222%) × 300.000.000 = − 5.334.000*	
	Obligaciones emitidas	300.000.000
	Tesorería	(300.000.000)
	Devolución del principal	
	Resultados: Liquidación del derivado	5.730.000
	Tesorería	(5.730.000)
	Liquidación del derivado: *A cobrar: 300.000.000 × 5,09% = 15.270.000* *A pagar: 300.000.000 × 7% = 21.000.000*	
	Derivados de cobertura	3.974.574
	Resultado: Variaciones de valor razonable	(3.974.574)
	Valoración del derivado a valor razonable: 0 − (− 3.974.574) = 3.974.574	

Ha sido necesario aplicar una contabilidad de coberturas, para que los estados financieros muestren que el impacto en las obligaciones, consecuencia de las variaciones del tipo de interés, se compensa con un impacto similar en el derivado.

Caso práctico 62. Permuta de intereses que forma parte de una cobertura de valor razonable de un préstamo

Una entidad de crédito concede un préstamo con las siguientes características:

— Nominal: 100.000 €.

— Fecha de concesión: 31.12.20X6.

— Fecha de amortización: 31.12.20X9.

— Interés: 6%, liquidable el 31 de diciembre de cada año.

La indicada entidad contrata una permuta de intereses con las siguientes características:

— Fecha de inicio: 31.12.20X6.

— Nocional: 100.000 €.

— Liquidación el 31 de diciembre de cada año, con las siguientes condiciones:

- Paga: 6%.
- Cobra: Euribor año.

— Vencimiento: 31.12.20x9.

— El contrato fija en un 5% el tipo de interés Euribor año del primer año.

Se tiene la siguiente información adicional:

Los tipos de interés cupón cero en las fechas de la primera columna son:

	31.12.20X7	**31.12.20X8**	**31.12.20X9**
31.12.20X6	5,00%	5,10%	5,25%
31.12.20X7	X	6,00%	6,20%
31.12.20X8	X	X	6,50%

Los tipos de interés cupón cero a plazo de un año coinciden con el Euribor año.

a) Obtenga, para la entidad de crédito, el valor razonable de préstamo y de la permuta mediante un modelo de valoración generalmente aceptado en las siguientes fechas: 31.12.20X6, 31.12.20X7 y 31.12.20X8.

b) Contabilice estas operaciones en esas fechas en los libros de la entidad de crédito, suponiendo que la permuta de intereses forma parte de una cobertura del valor razonable.

Solución:

a) Para obtener el valor razonable del préstamo se calcula en primer lugar la prima de riesgo que tiene ese préstamo, suponiendo que esta prima se mantiene en las siguientes fechas de valoración.

Cálculo de la prima de riesgo: Se valora el préstamo con los tipos de interés cupón cero más la prima que es la incógnita, obligando a que el valor sea el importe del préstamo.

$$100 = \frac{6}{1+5\%+p} + \frac{6}{(1+5{,}10\%+p)^2} + \frac{106}{(1+5{,}25\%+p)^3} \quad \Rightarrow \quad p = 0{,}76\%$$

Valor del préstamo el 31.12.20X6: 100.000 €.

Valor razonable del préstamo el 31.12.20X7:

$$P = \frac{6}{1 + 6\% + 0{,}76\%} + \frac{106}{(1 + 6{,}20\% + 0{,}76)^2} = 98{,}273\%$$

$$VR = 98{,}273\% \times 100.000 = 98.273 \text{ €}$$

Valor razonable del préstamo el 31.12.20X8:

$$P = \frac{106}{1 + 6{,}50\% + 0{,}76} = 98{,}825\%$$

$$VR = 98{,}825\% \times 100.000 = 98.825 \text{ €}$$

Calculamos el valor de la permuta el 31.12.20X6:

31.12.20X6	Días	Tipos	*G*(0, *T*)	Variables	Fijo	FV	FF	VAFV	VAFF
31.12.20X7	365	5,00%	0,952381	5,00%	6%	5.000	6.000	4.762	5.714
31.12.20X8	731	5,10%	0,905181	5,21%	6%	5.229	6.016	4.733	5.446
31.12.20X9	1.096	5,25%	0,857576	5,55%	6%	5.551	6.000	4.760	5.145
								14.255	16.306

$$VR = 14.255 - 16.306 = -2.050$$

La entidad tendría que recibir de la contraparte este importe.

Calculamos el valor de la permuta el 31.12.20X7:

31.12.20X7	Días	Tipos	*G*(0, *T*)	Variables	Fijo	FV	FF	VAFV	VAFF
31.12.20X8	366	6,00%	0,943246	6,00%	6%	6.016	6.016	5.675	5.675
31.12.20X9	731	6,20%	0,886501	6,40%	6%	6.401	6.000	5.674	5.319
								11.349	10.994

$$VR = 11.349 - 10.994 = 355$$

Calculamos el valor de la permuta el 31.12.20X8:

31.12.20X8	Días	Tipos	$G(0, T)$	Variables	Fijo	FV	FF	VAFV	VAFF
31.12.20X9	365	6,50%	0,938967	6,50%	6%	6.500	6.000	6.103	5.634

$$VR = 6.103 - 5.364 = 469$$

En la tabla siguiente mostramos la variación del valor razonable del préstamo y de la permuta en cada fecha:

Valor préstamo	Valor permuta	Variación préstamo	Variación permuta	Variación neta
100.000	−2.050			
98.273	355	−1.727	2.406	678
98.825	469	552	114	666

Como podemos observar, la cobertura es muy poco eficaz.

En la primera fecha de cobertura, 31.12.20X7, a la variación negativa del valor razonable del préstamo le corresponde una variación positiva pero mucho mayor de la permuta.

$$2.406 / 1.727 = 139\%$$

En la segunda fecha las dos variaciones tienen el mismo signo, lo que hace que la cobertura no sea tal.

Existe, sin embargo, otra alternativa de cobertura más eficaz, mediante una permuta que intercambie fijo contra Euribor año más la prima de riesgo, suponiendo nuevamente que la prima de riesgo no varía.

Alternativa: La entidad financiera que se cubre contrata una permuta pagando 6% fijo y recibiendo Euribor año más 0,76% (la prima de riesgo).

Vamos a calcular los nuevos valores de la permuta:

Valor de la permuta el 31.12.20X6:

31.12.20X6	Días	Tipos	$G(0, T)$	Variables	Fijo	FV	FF	VAFV	VAFF
31.12.20X7	365	5,00%	0,952381	5,76%	6%	5.761	6.000	5.486	5.714
31.12.20X8	731	5,10%	0,905181	5,98%	6%	5.991	6.016	5.423	5.446
31.12.20X9	1.096	5,25%	0,857576	6,31%	6%	6.312	6.000	5.413	5.145
								16.322	16.306

$$VR = 16.322 - 16.306 = 17 \text{ €}$$

Valor de la permuta el 31.12.20X7:

31.12.20X7	Días	Tipos	$G(0, T)$	Variables	Fijo	FV	FF	VAFV	VAFF
31.12.20X8	366	6,00%	0,943246	6,76%	6%	6.779	6.016	6.394	5.675
31.12.20X9	731	6,20%	0,886501	7,16%	6%	7.162	6.000	6.349	5.319
								12.743	10.994

$$VR = 12.743 - 10.994 = 1.749$$

Valor de la permuta el 31.12.20X8:

31.12.20X8	Días	Tipos	$G(0, T)$	Variables	Fijo	FV	FF	VAFV	VAFF
31.12.20X9	365	6,50%	0,938967	7,26%	6%	7.261	6.000	6.818	5.634

$$VR = 6.818 - 5.634 = 1.184$$

En la tabla siguiente calculamos la variación del valor razonable del préstamo y de la permuta en cada fecha:

Valor préstamo	Valor permuta	Variación préstamo	Variación permuta	Variación neta
100.000	17			
98.273	1.749	−1.727	1.732	5
98.825	1.184	552	−565	−13

Eficacia:

31.12.20X7 1.727/1.749 = 100,3%
31.12.20X8 565/552 = 102,4%

b) Si queremos contabilizarlo como una cobertura del valor razonable, deberemos basarnos en la segunda permuta, es decir, en la permuta que es eficaz.

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
31.12.20X6	Crédito concedido	100.000
	Tesorería	(100.000)
	Desembolso del importe del crédito	
	Derivados de cobertura	17
	Resultado: Variaciones del valor razonable	(17)
	Reconocimiento del derivado a su valor razonable	

(*continúa*)

(*continuación*)

31.12.20X7	Crédito concedido	6.000
	Resultados: Intereses devengados	(6.000)
	Devengo de intereses del préstamo (intereses devengados a lo largo del ejercicio 20X7): 100.000 × 6% = 6.000	
	Tesorería	6.000
	Crédito concedido	(6.000)
	Cobro de los intereses del préstamo	
	Resultado: Variaciones del valor razonable	1.727
	Crédito concedido	(1.727)
	Por ser una cobertura de valor razonable, se debe valorar el préstamo (partida cubierta) a su valor razonable igual que el instrumento de cobertura (derivado). Valoración del préstamo a valor razonable: 98.273 − 100.000 = − 1.727	
	Resultados: Liquidación del derivado	240
	Tesorería	(240)
	Liquidación del derivado: A cobrar: 100.000 × 5,76% = 5.760 A pagar: 100.000 × 6% = 6.000	
	Derivados de cobertura	1.732
	Resultado: Variaciones del valor razonable	(1.732)
	Valoración del derivado a valor razonable: 1.749 − 17 = 1.732	
31.12.20X8	Crédito concedido	6.000
	Resultados: Intereses devengados	(6.000)
	Devengo de intereses del préstamo (intereses devengados a lo largo del ejercicio 20X8): 100.000 × 6% = 6.000	
	Tesorería	6.000
	Crédito concedido	(6.000)
	Cobro de los intereses del préstamo	
	Crédito concedido	552
	Resultado: Variaciones del valor razonable	(552)
	Valoración del préstamo a valor razonable: 98.825 − 98.273 = 552	
	Tesorería	760
	Resultados: Liquidación del derivado	(760)
	Liquidación del derivado: A cobrar: 100.000 × 6,76% = 6.760 A pagar: 100.000 × 6% = 6.000	

(*continúa*)

(*continuación*)

	Resultado: Variaciones del valor razonable	565
	Derivados de cobertura	(565)
	Valoración del derivado a valor razonable: 1.184 − 1.749 = −565	
31.12.20X9	Crédito concedido	6.000
	Resultados: Intereses devengados	(6.000)
	Devengo de intereses del préstamo (intereses devengados a lo largo del ejercicio 20X9): 100.000 × 6% = 6.000	
	Crédito concedido	1.175
	Resultado: Variaciones del valor razonable	(1.175)
	Valoración del préstamo a valor razonable: 100.000 − 98.825 = 1.175	
	Tesorería	106.000
	Crédito concedido	(106.000)
	Pago de intereses y devolución del principal	
	Tesorería	1.260
	Resultados: Liquidación del derivado	(1.260)
	Liquidación del derivado: *A cobrar: 100.000 × 7,26% = 7.260* *A pagar: 100.000 × 6% = 6.000*	
	Resultado: Variaciones del valor razonable	1.184
	Derivados de cobertura	(1.184)
	Valoración del derivado a valor razonable: 0 − 1.184 = −1.184	

Los cobros y pagos obtenidos por estas operaciones han sido:

Fecha	Préstamo Cobros (Pagos)	Derivado Cobros (Pagos)
31.12.20X6	(100.000)	—
31.12.20X7	6.000	(240)
31.12.20X8	6.000	760
31.12.20X9	106.000	1.260
Total	18.000	1.780

El resultado obtenido ha sido de 19.780 (18.000 + 1.780), que se ha distribuido de la siguiente forma en la cuenta de resultados:

	31.12.20X6	31.12.20X7	31.12.20X8	31.12.20X9	Total
Intereses devengados	0	6.000	6.000	6.000	18.000
Liquidación del derivado	0	(240)	760	1.260	1.780
Variación del valor razonable del préstamo	0	(1.727)	552	1.175	0
Variación del valor razonable del derivado	17	1.732	(565)	(1.184)	0
Total	17	5.765	6.747	7.251	19.780

Caso práctico 63. Estrategias de cobertura de un depósito estructurado

Una entidad financiera emite un producto estructurado, el cual se coloca entre sus clientes. El producto es un depósito a dos años. El depósito mínimo es de 1.000 €, y no puede cancelarse de forma anticipada. El cliente recibirá al vencimiento:

— El principal junto con el 30% de la revalorización en el período de dos años del índice Eurostoxx 50 sobre el principal.

— El principal en caso de ser negativa la evolución del Eurostoxx 50 en los dos años.

a) Describa la composición del depósito.

b) Valor razonable del depósito suponiendo que un inversor deposita el mínimo. Se tendrá en cuenta que el tipo de interés de depósitos a dos años es del 5,4% y la cotización de una opción de compra sobre el Eurostoxx 50 a dos años con precio de ejercicio el nivel del índice el día de hoy es 90 €.

c) Contabilice el depósito estructurado en la fecha de emisión.

d) Analice de los riesgos del depósito estructurado para establecer una estrategia de cobertura.

e) Posibles estrategias de cobertura de sus riesgos.

Solución:

a) El depósito es un instrumento híbrido, en que el contrato principal es un depósito cupón cero con pago del principal a los dos años y el derivado implícito es una opción de compra emitida, con liquidación a los dos años.

b) El valor razonable del depósito es la suma del valor razonable de sus componentes. El valor razonable de contrato principal es:

$$1.000 \times (1 + 5{,}4\%)^{2} = 900$$

El valor razonable de la opción de compra es su cotización, es decir, 90 €.

El valor razonable del depósito es 990 € (900 + 90).

c) El registro contable en la fecha de emisión sería:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
Fecha de emisión	Tesorería	1.000
	Depósito cupón cero	(900)
	Opción de compra emitida	(90)
	Resultados financieros	(10)
	Por la emisión. La diferencia entre la consideración recibida y el valor razonable se recoge en la cuenta de resultados.	

En fechas posteriores, el depósito cupón cero se valorará a su coste amortizado. La entidad tendrá que calcular el interés efectivo como sigue:

$$900 = 1.000\,(1 + x)^2$$

Despejando x, obtenemos que el interés efectivo es 5,4%.

El coste amortizado se obtiene en la siguiente tabla:

Fecha	Intereses devengados	Coste amortizado
Emisión	0	900
Final primer año	49	949
Final segundo año	51	1.000

La opción de compra, en fechas posteriores, se valorará a su valor razonable, y las variaciones se recogerán en la cuenta de resultados.

d) Con la opción de compra emitida, la entidad tiene el riesgo de subida del Eurostoxx 50 por encima de 90 €, es decir, tiene riesgo de mercado.

Con el depósito emitido, la entidad no tiene riesgo de interés porque no tiene que pagar intereses en fechas anteriores al vencimiento. En el supuesto de que la entidad hubiera invertido estos fondos en renta fija a un plazo de 3 años a tipo de interés Euribor, existiría el riesgo de que bajen los tipos de interés, es decir, tendría riesgo de tipo de interés.

e) Una posible estrategia de cobertura sería la siguiente:

En relación con la opción emitida:

— Instrumento a cubrir: opción de compra emitida sobre el Eurostoxx 50. (*Call* vendida).

— Cobertura: adquirir una opción de compra sobre el Eurostoxx 50. (*Call* comprada).

Al establecer la normativa contable que la opción de compra emitida y la opción de compra adquirida se valoran a valor razonable con cambios en la cuenta de resultados, no es necesaria la contabilidad de coberturas para que los estados financieros reflejen adecuadamente la cobertura.

En relación con el depósito emitido, si la entidad no tiene riesgo de interés, únicamente debería comprar el valor actual del principal en forma de bonos cupón cero libre de riesgo (deuda pública). Si además existe riesgo de interés:

— Instrumento a cubrir: depósito emitido, con tipo de interés fijo.
— Cobertura: adquirir un IRS, que obligue a la entidad de crédito a pagar Euribor a cambio de recibir fijo (5,4% sobre nocional del 30% de 1.000 €), transformando así su financiación de fijo a variable.

La normativa contable establece que el depósito se valora a coste amortizado y el IRS a valor razonable con las variaciones en la cuenta de resultados. Para que los estados financieros reflejen adecuadamente el efecto de la cobertura, es necesario aplicar contablemente una cobertura de valor razonable, siempre que se demuestre que la cobertura es eficaz. Con la cobertura de valor razonable el depósito y el IRS se valorarían a valor razonable con cambios en la cuenta de resultados; es decir, el instrumento cubierto cambia su contabilidad, mientras que el instrumento de cobertura no la cambia.

Una segunda posible estrategia de cobertura, suponiendo que existe riesgo de interés, sería contratar con una entidad independiente un *equity swap*. El instrumento cubierto sería el depósito emitido más el derivado implícito segregado, es decir, la *call* vendida. El instrumento de cobertura sería un *equity swap*, donde la entidad pagaría Euribor año, cubriendo el riesgo de tipos de interés del depósito, y recibiría la revalorización del Eurostoxx 50 a los dos años, cubriendo el riesgo de mercado de la opción emitida.

Sobre la contabilidad de esta segunda posible estrategia se podría aplicar una contabilidad de cobertura de valor razonable si los tests de efectividad retrospectivos y prospectivos estuviesen dentro del rango 80-125. Aplicando una cobertura del valor razonable, se registrarían en pérdidas y ganancias los cambios de valor razonable: del derivado implícito segregado, del depósito separado del producto estructurado, y del *equity swap*. No obstante, el registro contable de esta cobertura se simplificaría de forma considerable si la entidad designara todo el híbrido a valor razonable registrando las variaciones contra resultados.

En lo relativo la efectividad de esta segunda posible estrategia señalemos lo siguiente:

***Valoración del* equity swap:**

El principio general de valoración de un *equity swap* es que en la fecha inicial el valor razonable del contrato es cero. Hay flujos positivos y negativos para ambas partes del contrato.

En cualquier otra fecha el valor razonable no será nulo porque ya existen parámetros que se han fijado al negociar el contrato.

Supongamos que en un *equity swap* el contrato establece:

Pata 1: Plazo dos años, pagos semestrales, Euribor 6 meses más o menos un *spread*. El valor será:

$$V_1 = \sum_{i=1}^{4} (E_{i-1} + s)\delta_i G(0, T_i)$$

E_{i-1}: Euribor 6 meses determinado en $i - 1$ que se paga en la fecha i.

s: *Spread* sobre el Euribor.

$\delta_i = T_i - T_{i-1}$: El período de tiempo de liquidación de intereses.

$G(0, T_i)$: Precio de bono cupón cero de nominal unitario, factor de actualización.

Suponiendo que z_i es el tipo de interés cupón cero al plazo T_i se verifica:

$$G(0, T_i) = \frac{1}{(1 + z_i)^{T_i}}$$

Pata 2: Opción sobre máximo.

$$V_2 = e^{-rT}E^*(C_T) = e^{-rT}E^*(\text{Máx}\,(0, \text{Máx}\,(M_1, M_2, ..., M_n)))$$

$M_i = \dfrac{S_i - S_0}{S_0}$ es la rentabilidad del activo subyacente desde la fecha inicial T_0, en la que el precio es S_0, hasta la fecha T_i, en la que el precio del activo subyacentes es S_i. El contrato define las fechas T_1, T_2, ..., T_n en las que el precio es observado.

E^* significa la esperanza respecto a la probabilidad riesgo neutral.

Determinación del *spread* s: es el valor que verifica la ecuación $V_1 = V_2$.

$$\sum_{i=1}^{4} (E_{i-1} + s)\delta_i G(0, i) - e^{-rT}E^*(\text{Máx}\,(0, \text{Máx}\,(M_1, M_2, ..., M_n))) = 0$$

Los Euribor desconocidos se sustituyen por los *forwards* implícitos. Más adelante se desarrolla esto. La opción se valora mediante simulación de Monte Carlo.

Cobertura de valor razonable de un bono cupón cero mediante la pata variable, menos el *spread*, del *equity swap*:

Si suponemos que estamos en la fecha inicial T_0 y los pagos del *equity* se realizan en las fechas T_1, T_2, T_3 y T_4, tal que $\delta_i = T_i - T_{i-1}$.

El bono cupón cero es un pasivo, por lo que el aumento del tipo de interés libre de riesgo disminuye el precio y es, por lo tanto, menos pasivo.

Por el contrario, la disminución del tipo de interés libre de riesgo aumenta el precio y es, por lo tanto, más pasivo. La rama del Euribor, menos el *spread*, es pagada por la entidad; también se trata de un pasivo, por lo que la disminución de los tipos de interés disminuye el valor razonable del pasivo. Los instrumentos están correlacionados negativamente en términos de valor razonable. La existencia del *spread*, si es negativo, impide dar rango de generalidad a la afirmación anterior.

Análisis de la eficacia de la cobertura:

Analicemos la eficacia de la cobertura, para lo cual es importante establecer analíticamente la relación que vincula a los dos valores razonables.

Valor razonable bono cupón cero:

$$B(0,\ T_4) = \frac{1}{(1 + z_4)^{T_4}} = G(0,\ T_4)$$

Valor razonable pata variable con la hipótesis de spread *negativo*:

$$V(0,\ T_4) = \sum_{i=1}^{4} (E_{i-1} - s)\delta_i G(0,\ T_i) = \sum_{i=1}^{4} E_{i-1}\delta_i G(0,\ T_i) - s \sum_{i=1}^{4} \delta_i G(0,\ T_i)$$

Para la valoración los Euribor se sustituyen por los *forwards* implícitos, según las ecuaciones:

$$(i + z_{i-1})^{T_{i-1}}(1 + E_{i-1}\delta_i) = (1 + z_i)^{T_i} \qquad E_{i-1}\delta_i = \frac{G(0,\ T_{i-1})}{G(0,\ T_i)} - 1 \qquad i = 2,\ 3,\ 4$$

$$V(0,\ T_4) = \sum_{i=1}^{4} E_{i-1}\delta_i G(0,\ T_i) - s \sum_{i=1}^{4} \delta_i G(0,\ T_i) =$$

$$= E_0\delta_1 G(0,\ T_1) + \sum_{i=2}^{4} \left(\frac{G(0,\ T_{i-1})}{G(0,\ T_i)} - 1 \right) G(0,\ T_i) - s \sum_{i=1}^{4} \delta_i G(0,\ T_i)$$

Llamamos $A(0) = \sum_{i=1}^{4} \delta_i G(0,\ T_i)$

$$V(0,\ T_4) = E_0\delta_1 G(0,\ T_1) + G(0,\ T_1) - G(0,\ T_2) + G(0,\ T_2) - G(0,\ T_3) + \\ + G(0,\ T_3) - G(0,\ T_4)$$

$$-sA(0) \qquad V(0,\ T_4) = (1 + E_0\delta_1)G(0,\ T_1) - G(0,\ T_4) - sA(0)$$

La cartera formada por el bono cupón cero y la rama variable del *equity* tiene el valor:

$$W(0) = B(0,\ T_4) + V(0,\ T_4) = G(0,\ T_4) + (1 + E_0\delta_1)G(0,\ T_1) - \\ - G(0,\ T_4) - sA(0)$$

$$V(0,\ T_4) = (1 + E_0\delta_1)G(0,\ T_1) - sA(0)$$

Vemos que, en la fecha inicial, el valor del bono cupón cero se neutraliza con una de las componentes del valor de la pata variable del *equity swap*, pero el valor de la cartera es función del tipo de interés a corto plazo y del valor de la anualidad $A(0)$. La cobertura sería perfecta y cien por cien eficiente si la suma de los valores razonables del instrumento cubierto y el instrumento de cobertura fuese constante. En ese caso la variación de la cartera es nula y los cambios de valor de cada instrumento se compensarían exactamente. Este no es el caso de esta cobertura. Vamos a cuantificar el cambio del valor de la cartera. En un primer escenario suponemos que los tipos de interés cambian en la fecha inicial. Los nuevos tipos de interés cupón cero son: z'_1, z'_2, z'_3, z'_4 y los precios de los bonos cupón cero: $G'(0, T_i)$ $i = 1, 2, 3, 4$.

Cambio del valor razonable del bono: $\Delta B = G'(0, T_4) - G(0, T_4)$.

Cambio del valor razonable de la pata del equity:

$$\Delta V = (1 + E_0\delta_1)G'(0, T_1) - sA'(0) - G'(0, T_4) - ((1 + E_0\delta_1)G(0, T_1) -$$
$$- sA(0) - G(0, T_4)) = (1 + E_0\delta_1)(G'(0, T_1) - G(0, T_1)) -$$
$$- s(A'(0) - A(0)) - (G'(0, T_4) - G(0, T_4))$$

La variación total de la cartera es:

$$\Delta W = \Delta B + \Delta V = (1 + E_0\delta_1)(G'(0, T_1) - G(0, T_1)) - s(A'(0) - A(0))$$

que evidentemente no es nula y depende fundamentalmente de la variación del tipo de interés a corto plazo.

Por ejemplo, suponiendo los datos de la tabla:

31.12.20X6	**100**		0,50%					
31.12.200X			4,0%	***G*(*t*, *T*)**	***Forward***	***E**d*G***	**Bono**	**SPREAD**
30.6.20X7	181	181	4,00%	0,98055	4,00%	1,944982		−0,2431
31.12.20X7	365	184	4,00%	0,96154	3,92%	1,901172		−0,2424
30.6.20X8	547	182	4,00%	0,94292	3,96%	1,862177		−0,2351
31.12.20X8	731	184	4,00%	0,92446	3,96%	1,845982		−0,2330
						7,55	**92,45**	**−0,95**

El nocional es 100, el *spread* $s = 0{,}50\%$, el precio del bono es $B = 92{,}45$, y el precio de la pata del *equity* es:

$$V = 7{,}55 - 0{,}95 = 6{,}60$$

Los tipos de interés cupón cero bajan un 1% y resulta la siguiente tabla:

31.12.20X6	**100**		0,50%					
31.12.20X6			4%	***G*(*t*, *T*)**	***Forward***	***E*∗*d*∗*G***	**Bono**	
30.6.20X7	181	181	3,00%	0,98534	4,00%	1,954485		−0,2477
31.12.20X7	365	184	3,00%	0,97087	2,96%	1,446757		−0,2481
30.6.20X8	547	182	3,00%	0,95667	2,98%	1,420468		−0,2418
31.12.20X8	731	184	3,00%	0,94252	2,98%	1,414953		−0,2409
						6,24	**94,25**	**−0,98**
						−1,32	1,81	−0,025
						−1,34	**0,46**	

El cambio de precio del bono es:

$$\Delta B = 94{,}25 - 92{,}45 = 1{,}81$$

El cambio de precio de la pata del *equity* es:

$$\Delta V = 6{,}24 - 7{,}55 - (0{,}98 - 0{,}95) = -1{,}32 - 0{,}025 = -1{,}34$$

La eficacia se mide por el cociente:

$$ef = \frac{|\Delta V|}{\Delta B} = \frac{1{,}34}{1{,}81} = 0{,}74 = 74\%$$

Pero con otro movimiento de la curva de tipos de interés podríamos obtener resultados completamente diferentes. Por ejemplo, los tipos a corto se mueven mucho más que el tipo más largo (el único que influye en el precio del bono cupón cero).

31.12.20X6	**100**		0,50%					
31.12.20X6			4%	***G*(*t*, *T*)**	***Forward***	***E*∗*d*∗*G***	**Bono**	
30.6.20X7	181	181	3,50%	0,98294	4,00%	1,949722		−0,2471
31.12.20X7	365	184	3,70%	0,96432	3,83%	1,861978		−0,2464
30.6.20X8	547	182	3,80%	0,94564	3,96%	1,867954		−0,2390
31.12.20X8	731	184	3,90%	0,92624	4,16%	1,940102		−0,2367
						7,62	**92,62**	**−0,97**
						0,07	0,18	−0,016
						0,05	**0,23**	

En este caso la falta de eficacia es completa porque el cambio de valor de la pata del *equity* tiene el mismo signo que el cambio de valor del bono cupón cero. El cambio de valor de la cartera es 0,23 cuando el cambio del precio del bono es 0,18.

La eficacia tiene que mostrarse para un cambio a lo largo del tiempo. Ahora suponemos que los tipos de interés se modifican (descienden un 1%) desde la fecha inicial a la nueva fecha 31.03.20X7.

31.12.20X6	**100**		0,50%					
31.3.20X7			4%	***G*(*t*, *T*)**	***Forward***	***E*d*G***	**Bono**	
30.6.20X7	91	181	3,00%	0,99258	4,00%	1,968836		– 0,2495
31.12.20X7	275	184	3,00%	0,97790	2,98%	1,467922		– 0,2499
30.6.20X8	457	182	3,00%	0,96367	2,96%	1,422962		– 0,2436
31.12.20X8	641	184	3,00%	0,94941	2,98%	1,425303		– 0,2426
						6,29	**94,94**	**– 0,9857**
						– 1,269	2,496	– 0,032
						– 1,301	**1,194**	

CAPÍTULO 7

La falta de eficacia se ha acentuado:

$$ef = \frac{|\Delta V|}{\Delta B} = \frac{1{,}301}{2{,}496} = 0{,}52 = 52\%$$

Y si la curva desciende pero con mayor vigor los cortos que los largos:

31.12.20X6	**100**		0,50%					
31.3.20X7			4%	***G*(*t*, *T*)**	***Forward***	**E*d*G**	**Bono**	
30.6.20X7	91	181	3,50%	0,99135	4,00%	1,966403		– 0,2492
31.12.20X7	275	184	3,70%	0,97288	3,77%	1,847013		– 0,2486
30.6.20X8	457	182	3,80%	0,95438	3,89%	1,850219		– 0,2412
31.12.20X8	641	184	3,90%	0,93502	4,11%	1,935828		– 0,2389
						7,60	**93,50**	**– 0,9780**
						0,045	1,056	– 0,024
						0,021	**1,077**	

En este caso la cobertura no es tal, ya que los dos instrumentos han variado en el mismo sentido.

CONCLUSIONES

Podemos sacar dos conclusiones de esta cobertura con un *equity swap*:

i) Para el análisis de una cobertura es esencial plantear explícitamente el modelo de cobertura. Solo de ese modo será factible analizar la eficacia y comprender la dinámica de los precios, tanto del instrumento cubierto como del instrumento de cobertura. Una entidad, para justificar la eficacia, podría presentar ejercicios numéricos que son casos particulares, sin posibilidad de contraste. Sin embargo, es imprescindible la presentación del modelo de cobertura para el análisis de la eficacia.

ii) Tanto el diseño de coberturas como la medición del riesgo de mercado deben partir de la existencia de los modelos de valoración. Solo conociendo los diferentes factores de riesgo de un instrumento se puede avanzar en la medición del riesgo o en el diseño de coberturas eficaces. La identificación de un instrumento como candidato para ser instrumento de cobertura tiene que basarse en que comparte los mismos factores de riesgo que el instrumento cubierto o en su caso es posible estimar con alta precisión las relaciones entre los factores de riesgo de ambos instrumentos. Posteriormente se determinará la posición (larga o corta) que hay que tomar en el instrumento de cobertura y el importe nocional.

iii) La eficacia tiene que probarse en cualquier situación y no para algunos casos particulares, como por ejemplo movimientos paralelos de la curva de tipos de interés o movimientos de un único factor manteniendo constantes los demás. También la eficacia debe probarse a lo largo de la vida de la cobertura y no únicamente en la fecha inicial o en fechas particulares. Es decir, eficacia ante todos los cambios virtuales que pueden tener los factores de riesgo. Los cambios virtuales son todos aquellos compatibles tanto con las condiciones contractuales de los instrumentos como con las condiciones de mercado. Entre todos estos cambios virtuales existen unos más probables que otros pero eso no invalida la necesidad de tener en cuenta, para analizar la eficacia, todas las contingencias, independientemente de su mayor o menor probabilidad.

Caso práctico 64. Cobertura de opciones de venta con una opción sintética

Un banco emitió, el 5.01.20X4, 3.000.000 de opciones de venta sobre acciones de la empresa Telefónica S.A., con precio de ejercicio 13,2 €. Cada opción tiene como subyacente una acción. La prima ingresada ascendió a 4.692.000 €. Las opciones vencen el 30.12.20X4.

El 16.02.20X4 el banco decidió cubrir la posición mediante una opción sintética, tomando una posición delta neutral.

a) ¿Qué posiciones largas y/o cortas debe tomar el banco y en qué activos?

b) Con los datos de la Tabla 1 calcule los importes de los activos que forman la posición de cobertura. El banco estima en un 22% la volatilidad del subyacente, el precio de la acción es 13 €, Los días hasta el vencimiento son 318, el tipo de interés libre de riesgo es del 2% y la estimación de la tasa anualizada de dividendos es del 1%.

Tabla 1

Call	delta	gamma	theta	rho	lambda
1,016	0,523620	0,147777	0,652	5,046	4,787
Put	delta	gamma	theta	rho	lambda
1,100274	−0,467705	0,147777	0,522	−6,256	4,787
S	E	r	q	sigma	T días
13,00	13,2	2,0%	1,0%	22%	318
d1	d2	N(d1)	N(d2)	N(−d1)	N(−d2)
0,07075	−0,13460	0,52820	0,44647	0,47180	0,55353

CAPÍTULO 7

Solución:

a) El banco ha emitido opciones de venta que se cubren con opciones de venta compradas. La opción que debe replicar es una posición larga en una opción de venta.

$$V = NP + HS \qquad \Delta V = N\Delta P + H\Delta S = 0 \qquad N\delta\Delta S + H\Delta S = 0$$
$$N\delta + H = 0 \qquad H = -N\delta$$

Como es $N < 0$ y $\delta < 0 \Rightarrow H < 0$

Debe vender acciones (posición corta) y, por lo tanto, está largo en liquidez.

b) $H = -N\delta = -(-3.000.000) \times (-0{,}467705) = -1.403.115$

$H \times S = -1.403.115 \times 13{,}0 = -18.240.495 \qquad L = +18.240.495$

Caso práctico 65. Cobertura delta-gamma

Una cartera está formada por 1.000 opciones de compra vendidas. Cada opción tiene como subyacente una acción. El precio de ejercicio es $E_1 = 5.000$.

a) Diseñe una cobertura delta-gamma con otra opción de compra de precio de ejercicio $E_2 = 5.100$ y con el activo subyacente.

Datos: $S = 5.100$, $\sigma = 25\%$, $r = 3\%$ (continuo), $q = 1\%$, $T = 90$ días.

b) Al día siguiente la acción cotiza a $S = 5.125$. Analice el resultado de la cobertura y calcule la reestructuración de la cartera si quiere mantener la cobertura.

Tipo de interés a 1 día $r = 3\%$ (interés simple).

Solución:

a) La cartera de cobertura se forma con las opciones iniciales, cuyo número denominamos N_1 y su precio C_1, y añadiendo N_2 opciones con precio de ejercicio E_2 sobre el mismo activo subyacente y con la misma fecha de vencimiento cuyo precio es C_2 y por último N acciones cuyo precio es S. El objetivo es hallar las incógnitas N_2 y N obligando a que la cartera tenga las griegas delta y gamma nulas.

$$V = N_1C_1 + N_2C_2 + NS$$

La condición de delta neutra se obtiene derivando el valor de la cartera respecto al precio del activo subyacente e igualando a cero:

$$\delta_V = \frac{\partial V}{\partial S} = N_1 \frac{\partial C_1}{\partial S} + N_2 \frac{\partial C_2}{\partial S} + N$$

$$\delta_V = 0 \rightarrow N_1 \frac{\partial C_1}{\partial S} + N_2 \frac{\partial C_2}{\partial S} + N = 0$$

Las derivadas parciales de los precios de las acciones son los deltas respetivos:

$$\frac{\partial C_1}{\partial S} = \delta_1 \qquad \frac{\partial C_2}{\partial S} = \delta_2 \qquad N_1\delta_1 + N_2\delta_2 + N = 0$$

La condición de gamma neutra se obtiene derivando el delta de la cartera respecto al precio del activo subyacente e igualando a cero:

$$\Gamma_V = \frac{\partial \delta_V}{\partial S} = N_1 \frac{\partial^2 C_1}{\partial S^2} + N_2 \frac{\partial^2 C_2}{\partial S^2} = N_1\Gamma_1 + N_2\Gamma_2$$

$$\Gamma_V = N_1\Gamma_1 + N_2\Gamma_2 = 0$$

Hemos obtenido dos ecuaciones con las dos incógnitas N_2 y N.

$$N_1\delta_1 + N_2\delta_2 + N = 0$$
$$N_1\Gamma_1 + N_2\Gamma_2 = 0$$

Hay que calcular los deltas y las gammas de las dos opciones:

$$\delta_1 = e^{-qT}N(d_1) = e^{-qT}N\left(\frac{\ln\frac{S}{E_1} + \left(r - q + \frac{\sigma^2}{2}T\right)}{\sigma\sqrt{T}}\right) =$$

$$= e^{-0{,}01 \times 90/365}N\left(\frac{\ln\frac{5.100}{5.000} + \left(0{,}03 - 0{,}01 + \frac{0{,}25^2}{2}\frac{90}{365}\right)}{0{,}25\sqrt{\frac{90}{365}}}\right) = 0{,}6016$$

$$\delta_2 = e^{-qT}N(d_1) = e^{-qT}N\left(\frac{\ln\frac{S}{E_2} + \left(r - q + \frac{\sigma^2}{2}T\right)}{\sigma\sqrt{T}}\right) =$$

$$= e^{-0{,}01 \times 90/365}N\left(\frac{\ln\frac{5.100}{5.000} + \left(0{,}03 - 0{,}01 + \frac{0{,}25^2}{2}\frac{90}{365}\right)}{0{,}25\sqrt{\frac{90}{365}}}\right) = 0{,}5392$$

$$\Gamma_1 = \frac{\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\, e^{-d_1^2/2}e^{-qT}}{S\sigma\sqrt{T}} = 0{,}000607 \qquad \Gamma_2 = \frac{\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\, e^{-d_1^2/2}e^{-qT}}{S\sigma\sqrt{T}} = 0{,}000625$$

Las incógnitas son N_2 y N.

$$N_1\delta_1 + N_2\delta_2 + N = 0 \qquad -1.000 \times 0{,}6016 + N_2 \times 0{,}5392 + N = 0$$

$$\Gamma_1 N_1 + \Gamma_2 N_2 = 0 \qquad 0{,}000607(-1.000) + 0{,}000625 \times N_2 = 0$$

La solución del sistema es:

$$N_2 = 971 \qquad N = 78$$

La cobertura delta-gamma se implementa mediante la compra de 971 opciones y 78 acciones.

Mediante el modelo de Black-Scholes se obtienen los precios: el precio de la opción de compra con precio de ejercicio $E = 5.100$ es $C = 263{,}9$.

La cobertura implica el pago de

$$L = 971 \times 263{,}9 + 78 \times 5.100 = 654.047$$

que se pide prestado (posición corta en liquidez).

b) Un día después el precio de la acción es 5.125.

La cartera el día anterior estaba compuesta por:

-1.000 opciones con precio 315,8 (modelo Black-Scholes)
$+971$ opciones con precio 263,9
$+78$ acciones con precio 5.100
$-$Liquidez por un importe de -654.047

El valor de la cartera:

$$V = -1.000 \times 315{,}8 + 971 \times 263{,}9 + 78 \times 5.100 - 654.047 = -315.800$$

Un día después las opciones cambian de precio teniendo en cuenta el nuevo precio del subyacente $S_1 = 5.125$ y que el plazo es ahora 89 días. Los nuevos precios de las opciones son $C_1 = 329{,}5$ y $C_2 = 276{,}0$.

El valor de la cartera:

$$V = -1.000 \times 329{,}5 + 971 \times 276 + 78 \times 5.125 - 654.037 \times$$
$$\times (1 + 3\% \times (1/360)) = -329.500 + 276.996 + 399.750 - 654.101 =$$
$$= -315.855$$

Variación sin cobertura:

$$\Delta V = -329.500 - (-315.800) = -13.700$$

Variación con cobertura:

$$\Delta V = -315.855 - (-315.800) = -55$$

Para la reestructuración de la cartera es necesario el cálculo de las deltas y las gammas.

$$E = 5.000 \qquad \delta_1 = 0{,}61688 \qquad \Gamma_1 = 0{,}000601$$
$$E = 5.100 \qquad \delta_2 = 0{,}55462 \qquad \Gamma_2 = 0{,}000623$$

Reestructuración de la cartera:

$$N_2 = -\frac{N_1\Gamma_1}{\Gamma_2} = -\frac{(-1.000) \times 0{,}000601}{0{,}000623} = 965$$

$$N = -N_1\delta_1 - N_2\delta_2 = -(-1.000) \times 0{,}61681 - 971 \times 0{,}55461 = 78$$

Se venden $971 - 965 = 6$ opciones de precio de ejercicio $E = 5.100$ y el importe obtenido, $6 \times 276 = 1.656$, se aplica a la reducción de liquidez.

$$\text{Liquidez} = -654.047 \times \left(1 + 3\% \, \frac{1}{360}\right) + 1.656 = -652.446$$

Caso práctico 66. Cobertura delta neutra

Un banco tiene una posición larga sobre $N = 100.000$ acciones de la empresa AAA, incluidas en la cartera de negociación, el 8 de octubre de 200X3. El precio de la acción es $S = 60$ €.

a) Diseñe en esa fecha una cobertura delta neutra con una posición en opciones. Los datos necesarios son: plazo de la opción $T = 90$ días, tipo de interés continuo a 90 días $r = 3{,}25\%$, tasa de dividendos $q = 1\%$, volatilidad estimada a 90 días $\sigma = 25\%$.

b) Al día siguiente el precio de la acción es $S = 59{,}28$ €. Analice el resultado de la cobertura. El tipo de interés a 1 día $r = 3\%$ (interés simple).

c) Registros contables.

Solución:

a) El riesgo procede de una caída del precio de la acción, por lo que la opción que cubre dicha contingencia es una opción de venta. Se trata de determinar el número de opciones de venta que el banco tiene que comprar para que la cartera formada por las acciones y las opciones tenga un parámetro delta con valor cero (delta neutra).

El valor de la cartera se puede expresar $V = NS + HP$, donde N es el número de acciones, S es el precio de una acción, H es el número de opciones que es la incógnita a determinar y P el precio de una opción cuyo subyacente es una acción.

El delta de la cartera es:

$$\delta_V = \frac{\partial V}{\partial S} = N + H\,\frac{\partial P}{\partial S} = N + H\delta_P$$

e imponiendo la condición de que sea cero se obtiene H.

$$N + H\delta_P = 0 \qquad H = -\frac{N}{\delta_P}$$

El delta de la opción de venta es:

$$\delta_P = \frac{\partial P}{\partial S} = -e^{-qT}N(-d_1)$$

$$d_1 = \frac{\ln\frac{S}{E} + \left(r - q + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} = \frac{\ln\frac{60}{60} + \left(0{,}0325 - 0{,}01 + \frac{0{,}25^2}{2}\right)\frac{90}{365}}{0{,}25\sqrt{\frac{90}{365}}} = 0{,}10676$$

$$\delta_P = -e^{-qT}N(-d_1) = -e^{-0,01 \times 90/365}N(-0,10676) = -0,45636$$

$$H = -\frac{H}{\delta_P} = -\frac{100.000}{-0,45636} = 219.124 \text{ opciones}$$

El banco compra 219.124 opciones de venta por las que paga 611.677 € que es el resultado de multiplicar 219.124 por el precio unitario de la opción, determinado por el modelo de Black-Scholes[7], 2,791465 €.

b) Al día siguiente se han producido los siguientes cambios:

Variación del valor de las acciones:

$$\Delta S = N(S_1 - S_0) = 100.000(59,28 - 60) = -72.000 \text{ €}$$

Variación del valor de las opciones: El precio de la *put* se obtiene mediante el modelo de Black-Scholes $P = 3{,}119681$.

$$\Delta P = H(P_1 - P_0) = 219.124 \times (3,119681 - 2,791465) = 71.920 \text{ €}$$

Variación de la liquidez: Intereses pagados.

$$I = 611.677 \times 3\% \times \frac{1}{360} = 54 \text{ €}$$

La variación total del valor de la cartera es:

$$\Delta V = \Delta S + \Delta P - I = -72.000 + 71.920 - 54 = -134 \text{ €}$$

c) Los registros contables son:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
8.10.20X3	Opciones de venta compradas	611.677
	Depósitos entidades de crédito	(611.677)
	Por la compra de opciones en un porcentaje equivalente a su delta. La compra se financia con un préstamo tomado.	
9.10.20X3	Resultados: Variación del valor razonable	72.000
	Acciones de la empresa AAA	(72.000)
	Por la variación del valor razonable de las acciones	
	Opciones de venta compradas	71.920
	Resultados: Variación del valor razonable	(71.920)

(*continúa*)

[7] El precio se forma en el mercado mediante la oferta y la demanda y suponemos que los operadores utilizan ese precio y lo que han negociado es la volatilidad.

(*continuación*)

	Por la variación del valor razonable de las opciones	
	Resultados: Intereses del préstamo	54
	Depósitos entidades de crédito	611.677
	Tesorería	(611.731)
	Por la cancelación del préstamo tomado	

Caso práctico 67. Contabilidad de una macrocobertura

Una entidad presenta el siguiente balance de situación el 1.1.20X0 (en miles de euros):

Activo		Pasivo	
Préstamo	350.000	Obligaciones	280.000
		Fondos propios	70.000
Total	**350.000**		**350.000**

Los préstamos tienen un valor nominal de 350.000.000 € y un interés del 4%. Las obligaciones tienen un valor nominal de 280.000.000 € y un interés del 3%. La cartera de préstamos tiene la siguiente tabla de amortización contractual (en miles de euros):

Fecha	Cuota	Interés	Capital amortizado	Capital vivo
1.1.X0	0	0	0	350.000
31.12.X0	43.151,815	14.000	29.151,815	320.848,185
31.12.X1	43.151,815	12.833,905	30.317,91	290.530,275
31.12.X2	43.151,815	11.621,19	31.530,625	258.999,65
31.12.X3	43.151,815	10.359,965	32.791,85	226.207,8
31.12.X4	43.151,815	9.048,315	34.103,51	192.104,29
31.12.X5	43.151,815	7.684,145	35.467,67	156.636,62
31.12.X6	43.151,815	6.265,455	36.886,36	119.750,26
31.12.X7	43.151,815	4.789,95	38.361,82	81.388,44
31.12.X8	43.151,815	3.255,525	39.896,29	41.492,15
31.12.X9	43.151,815	1.659,665	41.492,15	0
Total	431.518,15	81.518,15	350.000	—

La cartera de bonos tiene la siguiente tabla de amortización contractual (en miles de euros):

Fecha	Cuota contractual	Intereses	Capital amortizado	Capital vivo
1.1.X0	0	0	0	280.000
31.12.X0	36.400	8.400	28.000	252.000
31.12.X1	35.560	7.560	28.000	224.000
31.12.X2	34.720	6.720	28.000	196.000
31.12.X3	33.380	5.880	28.000	168.000
31.12.X4	33.040	5.040	28.000	140.000
31.12.X5	32.200	4.200	28.000	112.000
31.12.X6	31.360	3.360	28.000	84.000
31.12.X7	30.520	2.520	28.000	56.000
31.12.X8	29.680	1.680	28.000	28.000
31.12.X9	28.840	840	28.000	0
Total	326.200	46.200	280.000	—

La entidad, considerando la coyuntura económica, espera que algunos préstamos sean amortizados anticipadamente, según se recoge en la siguiente tabla (en miles de euros):

Fecha	Cuota	Interés	Capital amortizado	Capital vivo
1.1.X0	0	0	0	350.000
31.12.X0	46.360,3	14.000	32.360,3	317.639,7
31.12.X1	48.530,93	12.705,595	35.825,335	281.814,365
31.12.X2	59.987,235	11.272,555	48.714,68	233.099,685
31.12.X3	54.671,19	9.324	45.347,19	187.752,495
31.12.X4	51.184,35	7.510,09	43.674,26	144.078,235
31.12.X5	55.859,37	5.763,135	50.096,235	93.982
31.12.X6	67.803,68	3.759,28	64.044,4	29.937,6
31.12.X7	18.926,81	1.197,525	17.729,285	12.208,315
31.12.X8	9.337,235	488,355	8.888,88	3.319,435
31.12.X9	3.452,155	132,72	3.319,435	0
Total	416.153,255	66.153,255	350.000	—

Ante la amortización anticipada de los préstamos, la entidad realiza una macrocobertura (cobertura conjunta de la cartera de préstamos y obligaciones), por lo que contrata el 1-1-20X0 una permuta financiera, cuyo valor razonable en ese momento es cero, para cubrir los flujos netos de caja esperados de dichos préstamos y obligaciones, que serían los siguientes (en miles de euros):

Fecha	Flujos netos esperados de la cartera
31.12.X0	9.960,3
31.12.X1	12.970,93
31.12.X2	25.267,235
31.12.X3	20.791,19
31.12.X4	18.144,35
31.12.X5	23.659,37
31.12.X6	36.443,68
31.12.X7	– 11.593,19
31.12.X8	– 20.302,765
31.12.X9	– 25.387,845

La entidad actualiza los flujos netos esperados obteniendo (en miles de euros):

Flujo neto esperado de la cartera	Flujo neto esperado de la cartera actualizado a 1.1.20X0	Tipo de elemento cubierto
9.960,3	9.661,49	Activo
12.970,93	12.452,09	Activo
25.267,235	24.003,87	Activo
20.791,19	19.543,71	Activo
18.144,35	16.874,245	Activo
23.659,37	21.766,62	Activo
36.443,68	33.163,745	Activo
– 11.593,19	– 10.317,925	Pasivo
– 20.302,765	– 17.866,425	Pasivo
– 25.387,845	– 22.087,45	Pasivo

El 1.1.20X0 la entidad debe cubrir un activo de 137.465.770 € y un pasivo de 50.271.785 €.

El 31-12-20X1:

— La entidad actualiza nuevamente los flujos netos esperados en esa fecha y obtiene que el valor del activo a cubrir ahora es por valor de 137.580.365 € y el valor del pasivo a cubrir es de 50.371.785 €.

— El derivado tiene un valor razonable de 245 €, que es la diferencia entre el valor actual de los cobros a recibir, por importe de 101.850 €, y el valor actual de los pagos a realizar, por importe de 102.095 €.

a) Eficacia prospectiva de la cobertura.

b) Contabilidad de la macrocobertura el 31.12.2X1.

Solución:

a) La eficacia de la cobertura se puede medir así:

Incremento valor activos = 137.580.365 − 137.465.770 = 114.595

Incremento valor pasivos = 50.371.785 − 50.271.785 = 100.000

Concepto	Eficacia cobertura
$\frac{\text{Incremento valor activos}}{\text{Incremento valor pagos}}$	112,24%
$\frac{\text{Incremento valor pasivos}}{\text{Incremento cobros}}$	98,183%

La contabilidad ha sido eficaz, y puede contabilizarse como una contabilidad de coberturas.

b) El registro contable de esta macrocobertura de valor razonable sería:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
31.12.X1	Resultado: Valoración de macrocobertura	245
	Derivado macrocobertura pasivo	(245)
	Por la valoración a valor razonable del derivado	
	Ajuste a activos financieros por macrocobertura	114.595
	Ajuste a pasivos financieros por macrocobertura	(100.000)
	Resultado: valoración a valor razonable de la cartera	(14.595)
	Por la valoración a valor razonable de los elementos cubiertos. La inefectividad de la cobertura por valor de 14.350 (14.595 − 245) se recoge en resultados.	

Caso práctico 68. Cobertura del valor razonable entre empresas del grupo

La entidad española MMM tiene dos filiales también españolas: La entidad AAA y la entidad CCC. La entidad AAA adquiere el 2.1.20X7 un derecho de cobro por importe de 200.000 $, cuyo vencimiento es el 1.3.20X7. Para cubrir su riesgo de cambio firma el 2.1.20X7 un contrato *forward* con la entidad MMM.

La entidad CCC contrae el 2.1.20X7 una obligación de pago por importe de 100.000 $, cuyo vencimiento es el 1.3.20X7. Para cubrir su riesgo de cambio firma el 2.1.20X7 un contrato *forward* con la entidad MMM.

La entidad MMM compensa el riesgo neto resultante de estos dos derivados, firmando el 2.1.20X7 un contrato *forward* con una entidad de crédito ajena al grupo, con fecha de vencimiento el 1.3.20X7.

El valor razonable de todos los derivados es cero el 2.1.20X7.

El 31.1.20X7 el dólar se debilita en relación al euro, originando que:

— La entidad AAA tenga unas pérdidas de 20.000 € en su derecho de cobro, compensadas con un beneficio de 20.000 € en su contrato *forward* con la entidad MMM.

— CCC tenga un beneficio de 10.000 € en su obligación de pago, que se compensa con una pérdida de 10.000 € en su contrato *forward* con la entidad MMM.

— La entidad MMM, además de los resultados obtenidos con sus filiales, tenga un beneficio de 10.000 € en su *forward* con la entidad de crédito.

a) Registros contables que realizará AAA el 31.1.20X7.

b) Registros contables que realizará BBB el 31.1.20X7.

c) Registros contables que realizará MMM el 31.1.20X7.

d) Activos y pasivos que se recogerán en el balance consolidado por estas operaciones el 31.1.20X7.

Solución:

a) El registro contable será:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
31.1.20X7	Resultados: Diferencia de cambio	20.000
	Derechos de cobro	(20.000)
	Por la caída del valor del derecho de cobro	

(*continúa*)

(*continuación*)

	Derivados con MMM	20.000
	Resultados: Variación del valor razonable	(20.000)
	Por la variación del valor razonable del derivado	

No resulta preciso aplicar la contabilidad de coberturas, por recogerse las diferencias de cambio del derecho de cobro inmediatamente en la cuenta de resultados.

b) El registro contable será:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
31.1.20X7	Obligaciones	10.000
	Resultados: Diferencias de cambio	(10.000)
	Por la caída del valor de las obligaciones	
	Resultados: Variación del valor razonable	10.000
	Derivados con MMM	(10.000)
	Por la variación del valor razonable del derivado	

No resulta preciso aplicar la contabilidad de coberturas, por recogerse las diferencias de cambio del derecho de cobro inmediatamente en la cuenta de resultados.

c) El registro contable será:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
31.1.20X7	Resultados: Variación del valor razonable	20.000
	Derivados con AAA	(20.000)
	Por la variación del valor razonable del derivado	
	Derivados con CCC	10.000
	Resultados: Variación del valor razonable	(10.000)
	Por la variación del valor razonable del derivado	
	Derivados con entidad financiera	10.000
	Resultados: Variación del valor razonable	(10.000)
	Por la variación del valor razonable del derivado	

Tampoco a la matriz le resulta preciso aplicar la contabilidad de coberturas.

d) En el balance consolidado por estas operaciones aparecerá:

Activo		Pasivo	
Derechos de cobro	180.000	Obligaciones de pago	90.000
Derivado con entidad de crédito	10.000		
...		...	

En los estados consolidados, desde un punto de vista financiero, la obligación de pago de CCC cubre una parte del riesgo de cambio originado por el derecho de cobro de AAA, cubriéndose el resto del riesgo de cambio con el derivado contratado con la entidad financiera. En los estados consolidados tampoco resulta preciso aplicar la contabilidad de coberturas.

Caso práctico 69. Cobertura entre empresas del grupo de transacciones previstas

La empresa española FFF es la matriz de las empresas españolas AAA y CCC. El 2.1.20X7:

— La empresa AAA estima que realizará una prestación de servicios al contado el 2.4.20X7 por importe de 400.000 $.

— La empresa CCC estima que tendrá que pagar al contado un gasto de consultoría el 2.4.20X7 por importe de 1.000.000 $.

— Las empresas A y C firman contratos *forwards* independientes con la empresa FFF para cubrir estos riesgos de cambio.

— La empresa FFF firma un contrato *forward* con una entidad de crédito ajena al grupo para cubrir el riesgo neto que tiene con los *forwards* firmados con las empresas AAA y CCC, según el cual recibirá 600.000 $ el 2.4.20X7.

El valor razonable de todos los derivados es cero el 2.1.20X7.

El 31.1.20X7, ante la debilidad del dólar frente al euro:

— La empresa AAA incurre en una pérdida de 40.000 €, consecuencia de la prestación de servicios estimada, que es compensada con un beneficio de 40.000 € del *forward* firmado con la empresa FFF.

— La empresa CCC incurre en un beneficio de 100.000 €, consecuencia del gasto previsto, que compensa con la pérdida de 100.000 € que le origina el *forward* con FFF.

— La empresa FFF, además de los resultados señalados con las empresas AAA y CCC, tiene una pérdida de 60.000 € con el *forward* firmado con la entidad de crédito.

a) Registros contables que realizará AAA el 31.1.20X7 si la operación se contabiliza como una cobertura contable.

b) Registros contables que realizará BBB el 31.1.20X7 si la operación se contabiliza como una cobertura contable.

c) Registros contables que realizará FFF el 31.1.20X7 si la operación no se contabiliza como una cobertura contable.

d) Activos y pasivos que se recogerán en el balance consolidado por estas operaciones el 31.1.20X7.

Solución:

a) El registro contable será:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
31.1.20X7	Derivados con FFF	40.000
	Patrimonio neto: Variación del valor razonable	(40.000)
	Por la variación del valor razonable del derivado	

b) El registro contable será:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
31.1.20X7	Patrimonio neto: Variación del valor razonable	100.000
	Derivados con FFF	(100.000)
	Por la variación del valor razonable del derivado	

c) El registro contable será:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
31.1.20X7	Resultados: Variación del valor razonable	40.000
	Derivados con AAA	(40.000)
	Por la variación del valor razonable del derivado	
	Derivados con CCC	100.000
	Resultados: Variación del valor razonable	(100.000)
	Por la variación del valor razonable del derivado	
	Resultados: Variación del valor razonable	60.000
	Derivados con entidad financiera	(60.000)
	Por la variación del valor razonable del derivado	

d) Si la operación con la entidad financiera no se trata como una cobertura contable, en el balance consolidado por estas operaciones aparecerá:

Activo		Pasivo	
		Derivado con entidad de crédito	60.000
...		...	

Por el contrario, si la operación con la entidad financiera se trata como una cobertura contable de un gasto previsto de 60.000 €, en el balance consolidado aparecerá:

Activo		Pasivo	
		Derivado con entidad de crédito	60.000
		Patrimonio neto	(60.000)
...		...	

En este caso se recoge una reducción del patrimonio neto, al ser consecuencia de un derivado con una entidad ajena al grupo.

Caso práctico 70. Compensación de coberturas entre empresas del grupo, de flujos de efectivo y valor razonable

La empresa española JJJ es la matriz de las empresas españolas FFF y CCC. El 2.1.20X7:

— La empresa FFF tiene derechos de cobro por importe de 300.000 $, cuyo vencimiento es el 2.3.20X7. Estima igualmente que prestará un servicio al contado el 2.4.20X7 por importe de 600.000 $. Firma en esta fecha dos *forwards* con la empresa JJJJ, uno para cubrir el riesgo de cambio del derecho de cobro y el otro para cubrir el riesgo de cambio del cobro previsto.

— La empresa CCC tiene una obligación de pago por importe de 150.000 $, cuyo vencimiento es el 2.3.20X7. Estima además que tendrá que pagar al contado un gasto de consultoría el 2.4.20X7 por importe de 1.500.000 $. Firma en esta fecha dos *forward*, con la empresa JJJ, uno para cubrir el riesgo de cambio de la obligación y el otro para cubrir el riesgo de cambio del pago previsto.

— Para cubrir los riesgos originados por los cuatro *forwards* firmados con las empresas FFF y CCC (dos con vencimiento el 2.3.20X7 y dos con vencimiento el 2.4.20x7), la empresa JJJ firma un único contrato *forward* con una entidad de crédito ajena al grupo, según el cual recibirá 750.000 $ el 2.4.20X7. Se espera que la inefectividad resultante de los diferentes vencimientos sea mínima en la cuenta de resultados de la empresa JJJ.

El valor razonable de todos los contratos derivados es cero el 2.1.20X7.

El 31.1.20X7, ante la debilidad del dólar frente al euro:

— La empresa FFF incurre en una pérdida de 30.000 € por sus derechos de cobro y en una pérdida de 60.000 € por la transacción prevista, que son compensadas con un beneficio de 30.000 € del *forward* firmado con la empresa JJJ y 60.000 € del segundo *forward*.

— La empresa CCC incurre en un beneficio de 15.000 € por sus obligaciones de pago y de 15.000 € por la transacción prevista, que se compensan con una pérdida de 15.000 € que le origina cada *forward*.

— La empresa JJJ, además de los resultados señalados con las empresas FFF y CCC, tiene una pérdida de 75.000 € con el *forward* firmado con la entidad de crédito.

a) Registros contables que realizará FFF el 31.1.20X7 aplicando la contabilidad de coberturas.

b) Registros contables que realizará CCC el 31.1.20X7 aplicando la contabilidad de coberturas.

c) Registros contables que realizará JJJ el 31.1.20X7 no aplicando la contabilidad de coberturas.

d) Activos y pasivos que se recogerán en el balance consolidado por estas operaciones el 31.1.20X7.

Solución:

a) El registro contable será:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
31.1.20X7	Resultados: Diferencia de cambio	30.000
	Derechos de cobro	(30.000)
	Por la caída del valor del derecho de cobro	
	Derivados con JJJ	30.000
	Resultados: Variación del valor razonable	(30.000)
	Por la variación del valor razonable del primer derivado	
	Derivado con JJJ	60.000
	Patrimonio neto: Variación del valor razonable	(60.000)
	Por la variación del valor razonable del segundo derivado	

Sólo es necesario aplicar la contabilidad de coberturas al segundo derivado. No resulta preciso aplicar la contabilidad de coberturas al primer derivado, por recogerse las diferencias de cambio del derecho de cobro inmediatamente en la cuenta de resultados.

b) El registro contable será:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
31.1.20X7	Deudas	15.000
	Resultados: Diferencias de cambio	(15.000)
	Por la caída del valor de las obligaciones de pago	
	Resultados: Variación del valor razonable	15.000
	Derivados con JJJ	(15.000)
	Por la variación del valor razonable del primer derivado	
	Patrimonio neto: Variación del valor razonable	150.000
	Derivados con JJJ	(150.000)
	Por la variación del valor razonable del segundo derivado	

Sólo es necesario aplicar la contabilidad de coberturas al segundo derivado.

c) La entidad JJJ tiene cuatro derivados contratados con empresas del grupo, dos con vencimiento el 2.3.20X7 y dos con vencimiento el 2.4.20X7, cuyos riesgos se cubren con un derivado contratado con una entidad financiera ajena al grupo. Si la entidad JJJ no aplica el registro contable será:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
31.1.20X7	Resultados: Variación del valor razonable	30.000
	Derivados con FFF	(30.000)
	Por la variación del valor razonable del primer derivado	
	Resultados: Variación del valor razonable	60.000
	Derivados con FFF	(60.000)
	Por la variación del valor razonable del segundo derivado	
	Derivados con CCC	15.000
	Resultados: Variación del valor razonable	(15.000)
	Por la variación del valor razonable del primer derivado	
	Derivados con CCC	150.000
	Resultados: Variación del valor razonable	(150.000)
	Por la variación del valor razonable del segundo derivado	
	Resultados: Variación del valor razonable	75.000
	Derivados con entidad financiera	(75.000)
	Por la variación del valor razonable del derivado contratado con la entidad financiera	

Tampoco a la matriz le resulta preciso aplicar la contabilidad de coberturas.

d) Si no se aplica la contabilidad de cobertura en los consolidados, al eliminar las transacciones entre empresas del grupo, en el balance consolidado por estas operaciones aparecerá:

Activo		Pasivo	
Derechos de cobro	270.000	Obligaciones de pago	135.000
		Derivado con entidad de crédito	75.000
...		...	

Si el grupo aplica la contabilidad de coberturas en el consolidado, de forma que el 1.1.20X7:

— La obligación de pago de CCC de 150.000 € se designa como cobertura de 150.000 € del derecho de cobro previsto de FFF.

— El derecho de cobro de 30.000 € de FFF se designa como una cobertura de 300.000 € del gasto probable de CCC.

— El *forward* con la entidad financiera se designa como cobertura de 750.000 € del gasto previsto de CCC.

En este caso, en el balance consolidado por estas operaciones aparecerá:

Activo		Pasivo	
Derechos de cobro	270.000	Obligaciones de pago	135.000
		Derivado con entidad de crédito	75.000
		Patrimonio neto	(90.000)
...		...	

Este balance es consecuencia de haber realizado el 31.1.20X7 la siguiente contabilidad de cobertura en los libros consolidados:

Fecha	Entradas en el libro diario	Cargo (abono)
31.1.20X7	Deudas	15.000
	Patrimonio neto	(15.000)
	Por la caída del valor de las obligaciones de pago	
	Patrimonio neto	30.000
	Derechos de cobro	(30.000)
	Por la caída del valor de los derechos de cobro	
	Patrimonio neto	75.000
	Derivados con entidad financiera	(75.000)
	Por la variación del valor razonable del derivado contratado con la entidad de crédito	

Bibliografía

Augros, J. C. (1989), *Les Options sur taux d'intérêt*, Economica.

Augros, J. C. y Navatte, P. (1987), *Bourse les options négociables*. Vuibert.

Barone-Adesi, G., Whaley, R., (1987), «Efficient analytic approximation of American option values». *Journal of Finance* 1 (June), 301-320.

Baxter, M. y Rennie, A. (1996), *Financial calculus*. Cambridge, University Press.

Baz, J. y Chacko, G. (2004), *Financial Derivatives*, Cambridge University Press.

Bingham, N. H. y Kiesel, R. (2000), *Risk_Neutral Valuation*, *Pricing and Hedging of Financial Derivatives*, Springer.

Björk, T. (1998), *Arbitrage Theory in Continuous Time*. Oxford University Press.

Black, F. y Scholes, M. (1973), «The Princing of Options and Corporate Liabilities». *Journal of Political Economy*.

Brigo, D. y Mercurio, F. (2001), *Interest Rate Models*, *Theory and Practice*, Springer.

Buetow, G. W. y Fabozzi, F. J. (2001), *Valuation of Interest Rate Swaps and Swaptions*, Frank J. Fabozzi Associates.

Chazot, C. y Claude, P. (1994), Les Swaps, Economica.

Clewlow, L. y Strickland, C. (1998), *Implementing derivatives models*, John Wiley.

Cox, J., Ross, S. y Rubinstein, M. (1979), «Option Princing: A simplified approach». *Journal of Financial Economics 7*.

Cox, J. C. y Rubinstein, M. (1985), *Options Markets*. Prentice-Hall.

Das, S. (1996), *Exotic Options*, LBC Information Services, Australia.

Duffie, D. (1989), *Futures Markets*, Prentice-Hall, New York.

Epps, T. W. (2000), *Pricing Derivative Securities*, World Scientific, London.

Ernst & Young (2005), International GAAP 2005, LexixNexis.

Etheridge, A. (2002), *A course in Financial Calculus*, Cambridge University Press.

Fernández P. (1996), *Opciones*, *futuros e instrumentos derivados*, Ediciones Deusto.

Financial Accounting Standards Board (1991), Discolusre about Fair Value of Financial Instruments, SFAS 107.

Financial Accounting Standards Board (2000), Accounting for Derivative Financial Instruments and Hedging Activities, SFAS 133.

Financial Accounting Standards Board (2003), Accounting for Certain Financial Instrumentos with Characteristics of both Liabilities and Equity, SFAS 150.

Financial Accounting Standards Board (2006), Accounting for Certain Hybrid Financial Instruments, SFAS 155.

Financial Accounting Standards Board (2007), Fair value, SFAS 157.

Financial Accounting Standards Board (2007), The fair value option for Financial Assets and Financial Hichibities, SFAS 159.

Haug, E. G. (2007), *The Complete Guide to Option Pricing Formulas*, McGraw-Hill.

Hull, J. (2002), *Introducción a los Mercados de Futuros y Opciones*, Prentice Hall.

Hull, J. (2006), *Options*, *Futures and other derivatives*. 6.ª ed. Prentice-Hall.

Hunt, P. J. y Keneddy, J. E. (2000), *Financial Derivatives in Theory and Practice*, John Wiley.

International Accounting Standards Board (2004), Financial Instruments: Presentation, IAS 32.

International Accounting Standards Board (2005), Financial Instruments: Disclosure, IFRS 7.

International Accounting Standards Board (2005), Financial Instruments: Recognition and Measurement, IAS 39.

Jarrow, R. (2002), *Modeling Fixed-Income Securities and Interest Rate Options*, Stanford University Press.

Jarrow, R. y Turnbull, S. (1996), *Derivative Securities*, International Thomson Publishing, London.

Jewson, S., Brix, A. y Ziehmann, C. (2005), *Weather Derivative Valuation*, Cambridge University Press.

Johnson, H. (1987), «Options on the Maximum or the Minimum of Several Assets», *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, vol. 22, n.º 3, september, 277-283.

Kat, H. M. (2001), *Structured equity derivatives*, John Wiley.

Kemna, A. G. Z. y Vorst, A. C. F. (1990), «A pricing method for options based on average asset values», *Journal of Banking and Finance*, march, 14, 113-129.

Kolb, R. W. (1997), *Futures*, *Options*, *& Swaps*. Blackwell.

Kwok, Y. K. (1998), *Mathematical Models of Financial Derivatives*. Springer.

Levy (1997), Capítulo 4 de *Exotic Options The State of the Art*,. Clewlow, L. y Strickland, C. (eds.), International Thomson Bussines Press, London.

Levy, E. (1992), «Pricing European average currency options», *Journal of International Money and Finances*, 11, 474-491.

Levy, E. (1996), Capítulo 3 de *The Handbook of Risk Management and Analysis*, Alexander, C. (ed), Wiley, London.

Margrabe, W. (1978), «The Value of an Option to Exchange one Asset for Another», *The Journal of Finance*, vol. XXXIII, n.º 1, march, 177-186.

Merton, R. C. (Spring 1973), «Theory of Rational Option Princing», *Bell Journal of Economics and Management Science*, 4.

Mikosch, T. (1998), *Elementary Stochastic Calculus*, World Scientific, London.

Neftci, S. N. (2000), *An Introduction to the Mathematics of Financial Derivatives*, Academic Press, second edition, New York.

Pérez J. (mayo 2005), «La Perspectiva Económica de las Normas de Información Financiera», *Estabilidad Financiera*, n.º 8, Banco de España.

Pérez, J. y Calvo, J. (2006), *Instrumentos financieros*, *Análisis y valoración con una perspectiva bancaria y de información financiera internacional*, Pirámide.

Ramírez, J. (2007), Accounting for derivatives, Wiley Finance-England.

Rebonato, R. (2002), *Modern Pricing of Interest-Rate Derivatives*, Princeton University Press.

Riehl, H. y Rodríguez, R. M. (1985), *Mercados de divisas y mercados de dinero*. Interamericana.

Ritchken, P. (1996), *Derivative Markets*, *Theory*, *Strategy*, *and Applications*, HarperCollins, New York.

Rubinstein, R. Y. (1981), *Simulation and The Monte Carlo Method*, Wiley, New York.

Shiryaev, A. N. (1999), *Essentials of Stochastic Finance*. *Facts*, *Models*, *Theory*. World Scientific.

Siegel, D. R. y Siegel, D. E. (1990), *Futures Markets*, The Dryden Press, Orlando.

Song Shin, H. (2004), Derivatives accounting and risk managment, Risk Book.

Stultz, R. M. (1982), «Options on the Minimum or the Maximum of Two Risky Assets», *Journal of Financial Economics*, 10, 161-185.

Vilariño A. (2001), *Sistema Financiero Español*. Akal, Madrid.

Vilariño A. (2001), *Turbulencias financieras y riesgos de mercado*. Prentice Hall, Madrid.

Wilmott, P. (1998), *Derivatives The Theory and Practice of Financial Engineering*, John Wiley, New York.

Zhang P. G. (1998), *Exotic Options. A Guide to Second Generation Options*. World Scientific, Second edition, London.