

Aplicación de la Normativa Internacional Contable en los Instrumentos Financieros de Cobertura.

Francisco J. Alcalá.
Pablo Doménech.

INDICE

1.- Descripción de la Norma	3
2.- Implicaciones del nuevo Tratamiento Contable	8
3.- Test de Eficiencia de las Coberturas (TEC)	25
4.- Conclusiones	40
5.- Anexo: Valoración de Activos Financieros	42
6.- Bibliografía	63

1.- Descripción de la Norma

1.1- Normas de Aplicación sobre los Instrumentos Financieros: IAS 32 / 39

La NIC 39 establece reglas para el reconocimiento, medición y revelación de información sobre los activos y pasivos financieros poseídos por la empresa, incluyendo la contabilización de las operaciones de cobertura. La NIC 39, junto con la NIC 32, que trata de la presentación e información a revelar sobre los instrumentos financieros, son los dos pronunciamientos más relevantes del IASC sobre esta materia, aunque algunas otras normas emitidas tratan ciertos temas relativos a los instrumentos financieros.

No es nuestro objetivo desarrollar en profundidad todo el contenido de estas dos normas, y si lo es como se verá más adelante en lo que hace referencia a la contabilidad de coberturas, no obstante si parece adecuado establecer ciertas definiciones de los términos que usaremos de manera más común, y a las que hacen referencia tanto la NIC 32 como la NIC 39.

DEFINICIONES BÁSICAS:

Un instrumento financiero es un contrato que da lugar, simultáneamente, a un activo financiero en una empresa y a un pasivo financiero o un instrumento de capital en otra empresa.

Un activo financiero es un bien efectivo o un derecho contractual para recibir otro activo financiero o para intercambiar instrumentos financieros con otra empresa.

Un pasivo financiero es una obligación de entregar dinero u otro activo financiero a otra empresa o bien intercambiar instrumentos financieros con otra empresa.

Un instrumento de capital es cualquier contrato que ponga de manifiesto intereses en los activos netos de una empresa, una vez han sido deducidas todos sus pasivos. En el caso que la empresa pueda tener una obligación contractual cuya liquidación pueda hacerse a través de la entrega de activos financieros o bien contra la entrega de sus títulos de propiedad, si el valor total pagado resulta siempre igual al importe de la obligación contractual, esta obligación debe ser tratada como una obligación financiera por parte de la empresa y, por lo tanto, como un instrumento de capital.

Valor razonable es la cantidad por la cual puede ser intercambiado un activo entre un comprador y un vendedor experimentados (debidamente informados), o puede ser cancelada una obligación entre un deudor y un acreedor con experiencia (suficiente información), que realizan una transacción libre.

Entre las situaciones en las que el valor razonable se puede medir con fiabilidad, según la norma, hallaremos las siguientes:

(a) un instrumento financiero para el que existe un precio de cotización público, procedente de un mercado activo donde se negocie tal instrumento;

(b) un instrumento de deuda que ha sido objeto de clasificación crediticia por parte de una agencia especializada, y cuyos flujos de efectivo pueden estimarse de forma razonable, y

(c) un instrumento financiero para el cual existe un modelo apropiado de medición, y para el cual los datos de entrada del modelo pueden ser medidos de forma razonable porque proceden de precios provenientes de mercados activos.

Un instrumento derivado (o un derivado) es un instrumento financiero cuyo valor cambia en respuesta a los cambios en una tasa de interés, de un precio de acciones, de un precio de mercancías, de una tasa de cambio de divisas, de un índice o de un indicador de precios, de una clasificación o de un índice crediticio o de una variable similar a las anteriores (que a menudo se denomina "subyacente"), que requiere, al principio, una inversión neta muy pequeña o nula, respecto a otro tipo de contratos que incorporan una respuesta similar ante cambios en las condiciones de mercado, y que se liquidará en una fecha futura.

Las siguientes definiciones, también de carácter básico, son ya relativas a la contabilidad de las operaciones de cobertura:

Operación de cobertura (o simplemente cobertura) significa, contablemente, diseñar uno o más instrumentos de protección, de forma que el cambio que experimente su importe razonable compense, total o parcialmente, el cambio en el valor razonable o en los flujos de efectivo procedentes de la rúbrica objeto de cobertura.

Una rúbrica o partida cubierta es un activo, pasivo, compromiso en firme o una transacción esperada en el futuro que expone a la empresa a un riesgo de cambio en el valor o en los flujos de efectivo futuros y que para los propósitos de cobertura contable, ha sido señalado explícitamente como objeto de cobertura.

Un instrumento de cobertura, contablemente, es un derivado o bien (en limitadas ocasiones) otro activo o pasivo financiero, que ha sido señalado con este propósito, y del que se espera que los cambios en el valor razonable o en los flujos de efectivo generados cubran las diferencias en el valor razonable o los flujos de efectivo, respectivamente, que procedan de la rúbrica que se considera cubierta por el mismo. Según lo establecido en esta Norma, puede diseñarse un activo o un pasivo financiero, que no sean derivados, como instrumentos de cobertura para efectos contables, sólo si se trata de cubrir el riesgo de diferencias de cambio en moneda extranjera.

Eficacia de la cobertura es el grado en el cual se alcanza, por parte del instrumento de cobertura, la compensación de los cambios en el valor razonable o en los flujos de efectivo atribuidos al riesgo cubierto.

1.2- Normativa del Banco de España: Circular 4/2004 de 22 de Diciembre.

La reciente Circular del BE (sustitutiva de la 4/91) establece los criterios de valoración de activos y pasivos, a saber: coste histórico, coste amortizado, valor realizable, valor de liquidación, valor razonable, valor en uso, valor en libros y valor residual (N12).

Como en el anterior apartado, no es nuestro objetivo desarrollar en profundidad todo el contenido de esta norma, y si lo es como se verá más adelante en lo que hace referencia a la contabilidad de coberturas, no obstante si parece adecuado establecer ciertas definiciones de los términos que usaremos de manera más común, así como algún que otro concepto que que no introducen las NIC 32 y 39 o bien lo hacen de distinta forma.

Valor razonable: valor por el que un activo podría ser entregado (o un pasivo liquidado) entre dos partes interesadas debidamente informadas y en condiciones de independencia mutua. No incorpora ningún tipo de coste asociado a la transacción. Se establece como la mejor evidencia del valor razonable la cotización en un mercado activo (N12).

Mercado activo: aquel mercado en el que concurren las siguientes circunstancias (N13):

- Los activos negociados son homogéneos.
- Existen oferta y demanda en cualquier momento (mercados líquidos).
- Los precios de oferta, demanda y ejecución son públicos.
- Los precios se establecen en base a condiciones de independencia mutua (N14).
- Valoración en base a horquillas: el activo adquirido (o el pasivo a emitir) se valoran a la cotización compradora (bid) y el activo a

adquirir (o el pasivo emitido) se valoran a la cotización vendedora (ask) - (N14).

- Si la cotización de mercado no incorpora algún factor (como riesgo de crédito) se realizarán los ajustes pertinentes al objeto de incluirlo (N14).

Partes interesadas y debidamente informadas: hace referencia a que comprador y vendedor disponen de información sobre la naturaleza y características del activo (o pasivo), su estado, mercado, etc. (N14).

Independencia mutua: hace referencia a la inexistencia de una relación especial entre comprador y vendedor que pueda provocar que el precio de la transacción no sea representativo de una operación de mercado (N14).

Al estimar el *valor razonable* se considerarán, entre otros:

- El valor temporal del dinero, que será el tipo libre de riesgo para el periodo en el que se espera que se produzca cada flujo (estructura temporal). Se extraerá de los precios de la deuda pública (curva cupón cero) y, en su defecto, de los bonos corporativos de más alta calificación.
- El riesgo de crédito, obtenible de los precios observables en instrumentos con diferente calidad crediticia.
- El tipo de cambio, obtenible de mercado o, en su defecto, a partir de la cotización oficial.
- El precio de las materias primas: observable en mercado.
- Los precios de los instrumentos de capital, que será el de mercado (en el caso de instrumentos cotizados) o el estimado a partir de técnicas de valoración (en el caso de no cotizados).
- La volatilidad, que para instrumentos cotizados se obtendrá de:
 - Sobre la base de datos histórica de las cotizaciones (volatilidad histórica)
 - Sobre la implícita cotizada en mercados activos (volatilidad implícita).
- El riesgo de cancelación anticipada estimada sobre la base de datos histórica. En cualquier caso, el valor razonable de los pasivos financieros cancelables a la vista no será inferior al importe exigible.
- Los costes de administración, que solo serán incluidos en el valor razonable si son significativos y si también los afrontan los participantes en el mercado.

El valor razonable es aquel al que sería transaccionado un instrumento financiero bajo condiciones normales de mercado. Por tanto:

- Para instrumentos negociados en mercados activos (generalmente, mercados organizados) será la cotización en horquillas.
- Para instrumentos negociados en mercados no activos (generalmente, mercados OTC) será:
 - El deducible de operaciones recientes comparables
 - El resultante de modelos de valoración.
- Los modelos de valoración aplicados deberán:
 - Ser consistentes, adecuados y generalmente aceptados.
 - Ser utilizados por los participantes en el mercado.
 - Minimizar los parámetros de valoración no observables.
 - Mantenerse a lo largo del tiempo y cotejar su output con transacciones recientes comparables.

Las siguientes definiciones, en esta ocasión bajo la visión normativa del Banco de España, son ya relativas a la contabilidad de las operaciones de cobertura:

Cobertura contable es la relación mediante la que uno o varios instrumentos se designan para cubrir un riesgo específicamente identificado que puede tener impacto en la cuenta de P&G como consecuencias de variaciones en el valor razonable de las partidas cubiertas.

Instrumentos de cobertura: Generalmente, los instrumentos derivados cuyo valor razonable compense el impacto en la cuenta de P&G de las variaciones en el valor razonable de las partidas cubiertas. Para coberturas de tipo de cambio también se admiten como instrumentos de cobertura otros instrumentos distintos de los derivados.

¿Cuándo puede un instrumento financiero ser designado como de cobertura?

- Cuando pueda ser calificado íntegramente como de cobertura.
- Debe ser designado por la totalidad de su plazo remanente.
- Se pueda identificar el riesgo o riesgos cubiertos.

2.- Implicaciones del nuevo Tratamiento Contable

2.1- Reflexiones Previas.

El principal resultado de la publicación de la IAS39 (Norma Internacional de Contabilidad número 39) y de la IAS32 (Norma Internacional de Contabilidad número 32), es que su aplicación en las compañías puede conducir a una mayor volatilidad en sus resultados.

Ello se debe principalmente a la contabilización de los instrumentos derivados especulativos en el Balance (en activo o pasivo) por su valor de mercado contra Pérdidas y Ganancias.

A pesar de que los instrumentos derivados son un eficaz medio para controlar los riesgos de una compañía, un uso incorrecto de los mismos puede producir a un alto apalancamiento y una elevada fluctuación en la cuenta de Pérdidas y Ganancias.

Una cobertura incorrectamente realizada provocará una mayor volatilidad en los resultados. La consecuencia inmediata para una compañía que no pueda controlar la volatilidad de sus resultados será una desconfianza de los entes reguladores y analistas, y una mayor dificultad para obtener financiación en los mercados. La solución es que los instrumentos derivados sean considerados como de cobertura.

La principal consecuencia de la aplicación de la normativa contable será pues, además de los necesarios desarrollos estructurales dentro de las entidades, el impacto que la contabilidad de coberturas genera en la cuenta de pérdidas y ganancias; de hecho, a efectos contables, supone admitir una excepción al Principio de No Compensación, tal que si la cobertura es eficiente en los términos que venimos describiendo lo que se estará produciendo es una compensación de partidas de Activo y Pasivo, o bien de Ingresos y Gastos. Pero si no fuera eficiente deberíamos tratar las oscilaciones patrimoniales de forma separada, generando así una volatilidad en la cuenta de Pérdidas y Ganancias que dado el alto grado de apalancamiento de los instrumentos financieros derivados (casi siempre Instrumentos de Cobertura) podría llegar a ser bastante elevada.

2.2- Contabilidad de Coberturas.

La normativa contable promulgada en las IAS39 y la circular contable del Banco de España, como hemos visto en parte en el apartado 1, definen los siguientes aspectos:

2.2.1- Instrumentos de cobertura [IAS39, 72 a 77 | BdE, Norma 31.B]:

La IAS39 no restringe las circunstancias en que un derivado puede ser designado como instrumento de cobertura, excepto para ciertas opciones vendidas, ya que no reducen el riesgo de la entidad, sino que generalmente lo incrementan (*IAS39, 72*).

Para obtener la contabilidad de cobertura al nivel consolidado, las entidades de un grupo deben designar en el balance las relaciones de cobertura entre derivados externos y activos y pasivos específicos (*IAS39, 73*). Las relaciones de cobertura no se pueden definir a un nivel consolidado sobre una base de derivados ínter compañía, ya que dichos derivados se eliminarán durante el proceso de consolidación.

Por lo tanto, el primero de los requisitos para que una operación pueda considerarse como cobertura contable es que el instrumento derivado se negocie con una contraparte externa.

Normalmente, el objetivo de cualquier cobertura es que el cambio en el valor de mercado del derivado compense el cambio en el valor de mercado del elemento cubierto. Hay que señalar que IAS39 admite dos casos en los que el valor del derivado pueda dividirse, con propósitos de cobertura (*IAS39, 74*).

Esto se produce mediante la separación del valor del derivado en:

- Valor intrínseco y valor temporal, para el caso de una opción.
- Valor del spot y del forward, en un contrato a plazo.

En una relación de cobertura se puede designar una proporción de la cantidad nominal de un derivado o parte de sus futuros flujos de caja. De igual manera, un derivado se puede asignar a un porcentaje de la cantidad nominal o temporal de la exposición cubierta (*IAS39, 75*).

Las relaciones de cobertura se establecen para riesgos específicos. Un único instrumento derivado de cobertura puede,

sin embargo, designarse como cobertura de más de un tipo de riesgo suponiendo que (*IAS39, 76*):

- Los riesgos cubiertos han de poderse identificar claramente.
- Se pueda demostrar la efectividad de la cobertura.
- Se pueda asegurar que hay una designación específica del instrumento de cobertura y de las distintas posiciones de riesgo.

Una combinación de derivados pueden ser designados como cobertura, aunque no si finalmente se trata de una opción vendida, es decir, si se recibe una prima (*IAS39, 77*).

2.2.2- Partidas cubiertas [*IAS39, 78 a 84* | BdE, Norma 31.C]

Las partidas cubiertas pueden ser (*IAS39, 78*):

- Un activo o pasivo de balance.
- Un compromiso en firme, aún no registrado en balance.
- Una transacción altamente probable.
- Una inversión neta en una filial extranjera.
- Un elemento cubierto puede también ser un grupo de cualquiera de los anteriores que compartan un riesgo común.

Los elementos que no permiten una contabilidad de cobertura (no pueden ser cubiertos) incluirían:

- Una inversión a vencimiento (*IAS39, 79*), que no puede cubrirse frente al riesgo de tipo de interés. Ello se debe a que la designación del instrumento como 'Inversión a vencimiento' implica que la entidad se ha comprometido a no vender la inversión antes de vencimiento.
- Una exposición a riesgos generales de negocio (ej. riesgo de que el competidor aumente la cuota de Mercado).
- Cualquier elemento que no pueda medirse de forma fiable.
- Una inversión en una filial o entidad subsidiaria, ya que los cambios del valor se registran durante el proceso de consolidación, aunque la inversión neta en una entidad extranjera sí puede cubrirse frente al riesgo de cambio (*IAS39, 80*).

Si el elemento cubierto es un Instrumento Financiero puede cubrirse una parte de sus riesgos, ya que son fácilmente aislables, lo cual no ocurre con un Instrumento no Financiero, que debe ser cubierto sólo frente al tipo de cambio o frente a todos los riesgos en su conjunto, por la dificultad de aislarlos (IAS39, 81 y 82).

Si se agregan activos o pasivos similares y se cubren como un grupo o dentro de una cartera, los activos o pasivos individuales del grupo deben compartir la exposición al riesgo por el que han sido cubiertos. El cambio en el valor razonable atribuible al riesgo cubierto de cada elemento individual en el grupo cubierto debe ser aproximadamente proporcional al cambio general en el valor razonable atribuible al riesgo cubierto del grupo/cartera (IAS39, 83 | BdE, Norma 32). Es lo que la IAS39 considera como "macrocobertura".

Muchas entidades usan técnicas de gestión de riesgo basadas en la cobertura neta de la exposición al riesgo del Balance. La IAS39 prohíbe el uso de coberturas de exposiciones netas (tales como técnicas de macrocobertura empleadas por una Unidad de ALM). Las posiciones de cobertura deben designarse individualmente o como carteras de activos o pasivos homogéneos por su valor bruto en libros (IAS39, 84 | BdE, Norma 32).

Sin embargo, es posible evaluar la posición de riesgo neta de tipo de interés en un número específico de bandas establecidas para el horizonte temporal en función de los vencimientos. Si la exposición neta en cada banda puede ser asignada a un activo o pasivo determinado, la posición neta en cada "bucket" (plazo) puede, en efecto, calificarse como elemento cubierto. Esto permitirá a las entidades el empleo de una metodología de gap de tipos de interés para gestionar el riesgo de tipos de interés, pero con un seguimiento permanente y un desarrollo de sistemas.

2.2.3- Tipos de cobertura [IAS39, 86 | BdE, Norma 31.E]:

Los tipos de riesgos que podemos cubrir incluyen riesgos de tipos de interés, de divisas, de mercado y de crédito. En cada caso, la exposición al riesgo puede surgir de:

- Cambios en el valor razonable de un activo o pasivo existente.

- Cambios en los futuros flujos de caja que surjan de un activo o pasivo existente.
- Cambios en los futuros flujos de caja de una transacción que aún no se encuentra reconocida en el Balance de la entidad, ya sea comprometida o anticipada.

Para cubrir estas posibilidades, se reconocen tres relaciones de cobertura bajo principios internacionales:

- Cobertura de Valor Razonable ("Fair Value") [IAS39, 89 a 94]
- Cobertura de Flujos de Efectivo ("Cash Flow") [IAS39, 95 a 101]
- Cobertura de Inversión Neta en Negocios en el Extranjero ("Net Investment") [IAS39, 102]

2.2.4- Requisitos para aplicar la contabilidad de coberturas [IAS39, 88 | BdE, Norma 31.D], deberán cumplirse rigurosamente los siguientes criterios:

- Existe documentación formal para la relación de cobertura que incluye el objetivo de gestión del riesgo de la entidad y la estrategia para llevar a cabo la cobertura en la fecha de inicio de cobertura.
- La efectividad de la cobertura debe poder valorarse de manera fiable, esto es, el valor razonable o el flujo de caja del elemento cubierto debe poder medirse de manera fiable.
- Se espera (test prospectivo) que la cobertura sea altamente efectiva (generalmente se admite un rango del 80% al 125%, basada en la práctica actual de Mercado) al compensar los cambios del valor razonable o de cash flow atribuibles al riesgo cubierto.
- La cobertura debe haber sido (test retrospectivo) efectiva a lo largo del periodo estudiado (en un rango del 80% al 125%; IAS39, AG105).
- Una transacción prevista designada como cubierta en una relación de cobertura de flujos de caja debe ser altamente probable y presentar una exposición al riesgo de precio que pudiera afectar finalmente a la cuenta de resultados.

Una valoración de la probabilidad de que una transacción prevista tenga lugar no está basada sólo en un propósito de gestión, ya que la intención no es cuantificable. La probabilidad de una transacción deberá apoyarse en hechos observables y circunstancias relevantes, tales como:

- La frecuencia de transacciones pasadas similares.

- La capacidad financiera y operacional de la entidad para llevar a cabo la operación.
- El alcance de la pérdida o interrupción de las operaciones que pudiera resultar en que la transacción no se llevase a cabo.
- La variabilidad causada por el riesgo cubierto debe afectar en último lugar a la cuenta de pérdidas y ganancias. Por ejemplo, una compra futura de tierra podría no calificarse como un elemento cubierto porque el precio de compra no se registrará en la cuenta de resultados.

2.2.5- Coberturas de valor razonable ("Fair Value") [IAS39, 89 a 94 | BdE, Norma 31.F]

Una cobertura de valor razonable es una cobertura de la exposición a cambios en el valor razonable de un activo o pasivo reconocido, o una porción identificable de un activo o pasivo, que sea atribuible a un determinado riesgo que afectará a los ingresos netos. Fundamentalmente, cuando el elemento cubierto se modifica de fijo a variable por el uso del derivado, se puede considerar una cobertura de valor razonable.

Ejemplos comunes de coberturas de valor razonable son:

- Un swap de tipo de interés que cubre los cambios en el valor razonable de un préstamo a tipo fijo debido a los cambios en los tipos de interés.
- Una opción de venta "put" adquirida que cubre los cambios en el valor razonable de una acción, debido al riesgo del precio de la acción.
- Un contrato de futuro de materias primas que cubre los cambios en el valor razonable del contrato de materias primas.

Las coberturas que son consideradas de valor razonable, se registran de la siguiente forma:

- La ganancia o pérdida procedente del valor del instrumento de cobertura se reconoce inmediatamente en la cuenta de pérdidas y ganancias.
- La ganancia o pérdida procedente de la partida cubierta atribuible al riesgo cubierto ajustará el importe en libros de la partida cubierta y se reconocerá en el resultado del ejercicio.

Para coberturas de valor razonable (*IAS39, 89*), la contabilidad de cobertura acelera el reconocimiento del ingreso/gasto del elemento cubierto para compensar el efecto en la cuenta de resultados del derivado de cobertura.

Por lo tanto, un ajuste en el valor del elemento cubierto debido a la cobertura de valor razonable creará un descuento o prima en un préstamo o en un instrumento de deuda emitido (ya que se revalúa a valor de mercado por debajo o por encima de su nominal).

IAS39 permite diferir la amortización hasta que la contabilidad de cobertura se interrumpa (*IAS39, 92*). Si el instrumento de cobertura, por ejemplo un swap sobre tipos de interés, se mantiene hasta la fecha de vencimiento del elemento cubierto, por ejemplo el tipo fijo de un préstamo, no se requerirá ninguna amortización. Si el swap cubriese una porción de la vida del préstamo, la amortización del descuento o prima será necesaria desde la fecha en que se suspenda la contabilidad de cobertura.

2.2.6- Coberturas de Flujos de Efectivo ("Cash Flow") [*IAS39, 95 a 101* | BdE, Norma 31.G]

Una cobertura de flujo de efectivo crea una cobertura de la fluctuación en futuros flujos de efectivo resultantes de un riesgo relacionado con el mercado. El elemento cubierto en una cobertura de flujo de efectivo puede tomar una de las dos formas siguientes:

- Flujos futuros de efectivo relacionados con un activo o pasivo en balance (como los futuros pagos de tipos de interés de deuda a tipo variable).
- Flujos futuros de efectivo relativos tanto a una transacción comprometida como prevista (tales como una compra o venta anticipada) que sea altamente probable.

Las coberturas consideradas de flujos de efectivo, se registran de la siguiente forma:

- La ganancia o pérdida atribuible a la parte del instrumento de cobertura calificado como "cobertura eficaz" se reconoce transitoriamente en una partida de "ajuste por valoración" del patrimonio neto. Su importe es el menor en términos absolutos de:
 - La ganancia o pérdida acumulada por el instrumento de cobertura desde el inicio de la cobertura.

- La variación acumulada en el valor actual de los flujos de efectivo futuros esperados de la partida cubierta desde el inicio de la cobertura.
- La ganancia o pérdida acumuladas de los instrumentos de cobertura reconocidos en la partida “ajustes por valoración” del patrimonio neto permanecerán en dicha partida hasta que se registren en la cuenta de pérdidas y ganancias en los períodos en los que las partidas designadas como cubiertas afecten a dicha cuenta.
- Si una cobertura no es efectiva al 100% (pero entra dentro de los márgenes para considerarse como cobertura bajo IAS39) el exceso de pérdidas o ganancias producidas por el instrumento derivado de cobertura deben registrarse como ineffectividad producida directamente en la cuenta de pérdidas o ganancias.

En lo que respecta a las rupturas y redesignaciones de estas coberturas, hay que señalar que:

- Si la transacción no se espera ya que ocurra (ruptura), cualquier ganancia o pérdida que se haya registrado hasta entonces en reservas (“ajustes por valoración”), debería registrarse en pérdidas y ganancias (IAS39, 101.c).
- Sin embargo, si la transacción no es probable que ocurra con el volumen que se esperaba, la contabilidad de cobertura se detiene en ese momento, pero la ganancia o pérdida por el instrumento derivado permanece en reservas. Por lo tanto, es posible una redesignación de la cobertura (IAS39, 101.d).
- En cada caso (excepto cuando una transacción prevista no se espera ya que ocurra), la contabilidad de cobertura acaba prospectivamente. En otras palabras, los futuros cambios en el valor razonable del derivado de cobertura se reconocen en la cuenta de resultados, excepto si el derivado se reasigna a una nueva relación de cobertura.

2.2.7- Coberturas de Inversiones Netas en Negocios en el Extranjero (“Net Investment”) [IAS39, 102 | BdE, Norma 31.H]

Muchas entidades se cubren frente a las diferencias de tipo de cambio que surgen de sus inversiones en entidades extranjeras. Bajo IAS39, la inversión neta se ve como un único activo, frente a los diversos activos y pasivos individuales que comprende el balance de la filial.

La cobertura de una inversión neta en una entidad extranjera deberá contabilizarse de una forma similar a la cobertura de flujos de efectivo, es decir:

- La ganancia o pérdida atribuible a la parte del instrumento de cobertura calificado como "cobertura eficaz" se reconoce directamente en reservas ("ajuste por valoración") del patrimonio neto.
- El resto de la ganancia o pérdida del instrumento se reconoce directamente en la cuenta de pérdidas o ganancias.
- La ganancia o pérdida acumuladas de los instrumentos de cobertura reconocidos en la partida "ajustes por valoración" del patrimonio neto permanecerán en dicha partida hasta que se enajenen o causen baja en el balance, momento en el que se registran en la cuenta de pérdidas y ganancias.

2.2.8- Ruptura de la Contabilidad de la cobertura:

El tratamiento de la contabilidad de cobertura deberá interrumpirse cuando se produzca alguna de las siguientes condiciones:

- La cobertura resulta inefectiva (ej. falla la estimación de la efectividad).
- El instrumento de cobertura se vende, expira o se ejercita.
- La posición de cobertura se liquida.
- La dirección decide "desasignar" el instrumento derivado.
- En una cobertura de flujo de efectivo, la transacción prevista:
 - Ya no es muy probable que ocurra.
 - Ya no se espera que suceda.

2.2.9- Medición de la efectividad de la cobertura:

La IAS39 establece la necesidad de una valoración periódica de la efectividad de las coberturas practicadas (bien sean coberturas de valor razonable o coberturas de flujos de caja) mediante el denominado Test de Efectividad de la Cobertura (TEC). La importancia del TEC radica en que en el caso de que la cobertura practicada no sea eficiente no es posible aplicar la denominada contabilidad de cobertura, incrementando así la volatilidad de la cuenta de explotación.

El TEC deberá practicarse con una periodicidad regular, al menos trimestralmente, y siempre en el momento en que se publiquen los estados financieros de la entidad.

La IAS39 establece dos ámbitos en los que debe practicarse el TEC:

- **Prospectivamente (a futuro):** debe practicarse al inicio del establecimiento de la relación de cobertura (identificación de instrumento cubierto y su cobertura), siempre que se publiquen los estados financieros y como mínimo trimestralmente (IAS39, AG106). Así, para una entidad que establezca una relación de cobertura el día 15 de Enero del año t , con vencimiento el 15 de Enero de $t+1$ (dentro de 1 año), deberá practicarse el TEC prospectivo en un mínimo 5 ocasiones (1 al inicio y 4 cada trimestre natural). En este sentido, el TEC prospectivo trataría de determinar la bondad de la cobertura efectuada mirando hacia el futuro.
Para la implementación del TEC prospectivo en base a cualquiera de las metodologías que se detallan en el apartado siguiente existen dos posibilidades. La primera consistiría en utilizar la información histórica de la relación de cobertura (si existe, si no de relaciones similares) para, extrapoliéndola al futuro, obtener conclusiones. Esta vía presenta varios inconvenientes, como son la dificultad del manejo de la información y la necesidad de argumentar la idoneidad de la información utilizada. Un segundo camino, quizás más sencillo, consistiría en estimar el valor de la cobertura y del subyacente en base a técnicas estadísticas similares a las aplicadas en la medición del Riesgo de Mercado para el caso de coberturas de valor razonable. En el caso de coberturas de flujos de caja el procedimiento consistiría en analizar el caso de la liquidaciones futuras previstas.
- **Retrospectivamente (a pasado):** debe practicarse siempre que se publiquen los estados financieros y como mínimo trimestralmente. Así, para una entidad que establezca una relación de cobertura el día 15 de Enero del año t , con vencimiento el 15 de Enero de $t+1$ (dentro de 1 año), deberá practicarse el TEC retrospectivo en un mínimo 4 ocasiones (cada trimestre natural). El TEC retrospectivo trataría de determinar la bondad de la cobertura efectuada mirando hacia el pasado.
Evidentemente, para la implementación del TEC retrospectivo en base a cualquiera de las metodologías que se detallan en el apartado siguiente se utilizará exclusivamente la información histórica de la relación de cobertura.

La última modificación de la IAS39 establece que los resultados del TEC deben encontrarse entre el rango 80% - 125% para que la cobertura sea considerada eficiente. Es decir, el cociente entre el valor del elemento cubierto (o de sus flujos) y el valor del instrumento de cobertura (o de sus flujos) debe situarse dentro del citado rango. No establece la IAS39 cual debe ser el numerador y cual el denominador de dicho cociente, sin embargo parece razonable que en el numerador se sitúe el instrumento de cobertura y en el denominador el instrumento cubierto. De esta forma, un valor más próximo a 125% indicaría un exceso de cobertura, mientras que un valor cercano al 80% reflejaría un defecto de cobertura. Finalmente, una cobertura perfecta debería arrojar un valor de 100%.

El método que adopte una entidad para valorar la efectividad de cobertura dependerá de su estrategia de gestión de riesgo, sin que la IAS39 establezca un único criterio para medirla.

En algunos casos, una entidad puede adoptar diferentes métodos para diferentes tipos de coberturas dependiendo de su gestión del riesgo (*IAS39, AG107*). Sin embargo, una vez seleccionada la metodología a aplicar a una relación de cobertura no es razonable modificarla. Igualmente, tampoco parece razonable aplicar metodologías diferentes a relaciones de cobertura de similares características.

Algunas entidades piensan que esto es una "vía libre" para poder justificar de cualquier forma la efectividad de una cobertura. Esto es un error. El principio fundamental es que el instrumento derivado debe reducir el riesgo del elemento cubierto. Si esto no se produce de una forma considerable, la entidad no podrá justificar la efectividad de la cobertura por mucho método "razonable" que utilice. Lo que sí es cierto es que algunos métodos serán más adecuados para algunas coberturas y dentro de este margen sí puede maniobrar la entidad.

A continuación se exponen los distintos métodos para medir la efectividad de las coberturas, basados en la IAS39 y en la experiencia aportada por el mercado:

Prospectivo
(a futuro)

- Método de Compensación ("Dollar Offset")
- Método de Regresión
- Método de Reducción de Varianza

- Método de Compensación (“Dollar Offset”)
- Retrospectivo** (a pasado)
 - Método de Regresión
 - Método de Reducción de Varianza

2.3- Medición y Evaluación de las Coberturas

IAS39 no establece un único criterio para medir la efectividad de una cobertura. Es más, reconoce la posibilidad de que una entidad adopte diferentes metodologías en función de las características de la cobertura practicada, de su política de gestión del riesgo, etc.

Sin embargo, es importante recordar que, una vez seleccionada la metodología a aplicar a una *relación de cobertura* no es razonable modificarla. Igualmente, tampoco parece razonable aplicar metodologías diferentes a *relaciones de cobertura* de similares características.

Como ya se ha comentado anteriormente, la normativa establece dos ámbitos en los que debe practicarse el test de efectividad de las coberturas:

1. Valoración prospectiva de la eficacia de las coberturas: es la evaluación a futuro de dicha eficacia. Esto puede llevarse a cabo mediante datos históricos obtenidos de coberturas similares que se hayan realizado en el pasado o a partir de los datos estimados que se producirán en el mercado a futuro.
2. Valoración retrospectiva de la eficacia de la cobertura: es la evaluación de la eficacia en base a los datos históricos.

Una entidad es libre para adoptar el método que quiera para medir la efectividad retrospectiva o prospectiva, con el único límite de que el método empleado debe ser el mismo para coberturas similares. Se deben justificar los cambios efectuados en un método de valoración de la efectividad de la cobertura, y la adopción de un método distinto de valoración de la efectividad de cobertura.

Los métodos descritos en la normativa aplicables para la medición de la eficiencia de las coberturas son los siguientes:

2.3.1- Metodologías del Test de Efectividad de Cobertura.

IAS39 no establece un único criterio para medir la efectividad de una cobertura. Es más, reconoce la posibilidad de que una entidad adopte diferentes metodologías en función de las características de la cobertura practicada, de su política de gestión del riesgo, etc. Sin embargo, una vez seleccionada la metodología a aplicar a una *relación de cobertura* no es razonable modificarla. Igualmente, tampoco parece razonable aplicar metodologías diferentes a *relaciones de cobertura* de similares características.

2.3.1.2- Metodología de Compensación

Descrito en la IAS39, consiste en la comparación de los cambios en el valor razonable o en los flujos generados por instrumento cubierto con los de su cobertura.

$$TEC \text{ Compensación} = \frac{\text{Valor Cobertura} / \text{Flujos Cobertura}}{\text{Valor Subyacente} / \text{Flujos Subyacente}}$$

De esta forma, la medición de la efectividad de cobertura se realiza de la siguiente forma:

- Comparar los cambios en el valor razonable del elemento cubierto y del instrumento de cobertura (para coberturas de valor razonable).
- Comparar los cambios en los flujos de caja del elemento cubierto y del instrumento de cobertura (para coberturas de flujos de efectivo).

La normativa establece que este ratio debe situarse en un rango del 0,80 al 1,25. En el caso de que en algún período el ratio se sitúe fuera de estos niveles la cobertura se considerará ineficaz, debiendo dejar de considerarse como contabilidad de cobertura.

Este método es el más empleado, debido a varias razones:

- Es el descrito por la normativa (IAS39, AG105).
- Es el más intuitivo, ya que por sentido común, una cobertura se distingue por compensar las pérdidas y ganancias o las liquidaciones del elemento cubierto y del instrumento derivado.
- Es el más fácil de implementar.

- Es el que mejor se aproxima a la volatilidad de la cuenta de resultados que finalmente resulta de la relación de cobertura (la volatilidad de la cuenta de resultados se deriva de movimientos ineficaces del valor razonable del derivado de cobertura).

Sin embargo, a la larga es el método que más problemas puede generar a una entidad debido a que implícitamente tiene una probabilidad muy elevada de situarse fuera de los límites fijados:

Correlación	Ratio 80%-125%
-99%	36,20%
-98%	46,80%
-95%	61,40%
-90%	71,30%
-80%	79,50%
-50%	87,90%
0%	93,00%

Este método puede ser aplicado desde una doble óptica:

- De forma puntual, comparando en un instante del tiempo la relación entre la cobertura y el subyacente. Esta óptica es más volátil, comportando un grado de exigencia superior. En cambio, es un esquema de cálculo sencillo (sobre todo para el TEC retrospectivo) y fácil comprensión.
- De forma acumulativa, agregando periódicamente los resultados para posteriormente realizar la comparación de las cifras agregadas. Esta óptica es menos volátil que la anterior y comporta un grado de exigencia inferior al permitir compensar excesos por ambos lados del valor medio. También, es un esquema de cálculo sencillo (sobre todo para el TEC retrospectivo) y de sencilla comprensión.

En la práctica, los pasos necesarios para aplicar el método de compensación son los siguientes:

- Para los tests retrospectivos, calcular las variaciones en el valor razonable del instrumento de cobertura y del instrumento cubierto en base a los objetivos de riesgo definidos, la periodicidad de las valoraciones históricas y los rangos de medición (acumulativo o periódico), o comparar

las liquidaciones pasadas del elemento cubierto y del instrumento derivado para las coberturas de flujos de efectivo.

- Para los test prospectivos, simular más de 30 escenarios en base a la naturaleza de los riesgos definidos como objetivo de las coberturas y calcular las variaciones en el valor razonable de los instrumentos cubiertos y los instrumentos de cobertura, ó comparar las liquidaciones esperadas del elemento cubierto y del instrumento derivado para las coberturas de flujos de efectivo en función de la curva de tipos (ya que proporciona una estimación de cómo se compensarán las liquidaciones en el futuro).
- Calcular el ratio de cobertura y verificar que se encuentra en cada período dentro del rango.

La metodología prospectiva y retrospectiva empleada será la misma, salvo por los datos utilizados en la medición de la efectividad, ya que en el caso de la medición retrospectiva provienen de los datos históricos, mientras que en la medición prospectiva se han simulado (movimientos de curvas de tipos de interés).

2.3.1.2- Análisis de regresión.

Consiste en la aplicación del análisis de regresión al objeto de establecer la relación existente entre el instrumento cubierto (variable dependiente, y) y su cobertura (variable independiente, x). En este sentido, parece razonable forzar la recta de regresión eliminando la constante, la cual quedaría entonces definida por una ecuación del tipo.

$$y = a \cdot x$$

La ventaja del análisis de regresión con respecto a la metodología de compensación radica en su menor exigencia. Así, errores puntuales en la relación de cobertura son compensados con aciertos. Es más, si los periodos de excesos de cobertura son similares (en recurrencia y dimensión) que los periodos de defecto de cobertura, el análisis de regresión indicaría que la cobertura es efectiva, lo contrario de lo indicado por la metodología de compensación.

La normativa establece que se deben obtener una serie de estadísticos que permitan evaluar la efectividad de las coberturas. Estos estadísticos son:

- Coeficiente de correlación: nos indica el grado de ajuste entre los cambios de valoración o de los flujos de efectivo del instrumento de cobertura y los cambios de valoración del instrumento subyacente cubierto. Este ratio debe situarse entre el -80.00% y el -100.00%.
- Pendiente de la recta de regresión: la cual debe situarse en el rango -0.80 a -1.25.
- F-Test: nos indica el grado de ajuste de la varianza de los cambios del valor o de los flujos de los instrumentos de cobertura y los instrumentos cubiertos. Este indicador debe ser superior a 0.80.
- Intersección: nos indica el punto de intersección de la recta de regresión (a). El valor de este estadístico debe estar cercano a cero.

El principal inconveniente del análisis de regresión con respecto a la metodología de compensación es que su implementación es más compleja. Además, necesita un mínimo de observaciones al objeto de poder arrojar conclusiones fiables.

2.3.1.3- Análisis de la reducción de varianza.

Consiste en la comparación de la varianza del instrumento cubierto con la varianza de la *relación de cobertura* (instrumento cubierto más su cobertura). En esencia, lo que se persigue es demostrar que la *relación de cobertura* muestra un riesgo, medido a través de su varianza, sustancialmente inferior al del instrumento cubierto. Así, debe cumplirse que

$$1 \frac{\text{Varianza relación cobertura}}{\text{Varianza instrumento cubierto}} > 40\%$$

Si la varianza de la posición combinada es significativamente menor que la del elemento cubierto la cobertura será efectiva.

En la práctica, los pasos necesarios para aplicar el método de análisis de reducción de varianza son los siguientes:

- Para los tests retrospectivos, se calculan las variaciones en el valor razonable del instrumento cubierto y las variaciones del valor razonable de la cartera (instrumento de cobertura más instrumento cubierto) en base a los objetivos de riesgo definidos, la periodicidad de las valoraciones históricas y los rangos de medición (acumulativo o periódico), o comparar las liquidaciones pasadas del elemento cubierto con las

liquidaciones pasadas de la cartera (derivado más del elemento cubierto) para las coberturas de flujos de efectivo.

- Para los test prospectivos, simular más de 30 escenarios en base a la naturaleza de los riesgos definidos como objetivo de las coberturas y calcular las variaciones en el valor razonable del instrumento cubierto y las variaciones del valor razonable de la cartera (instrumento de cobertura más instrumento cubierto), ó comparar las liquidaciones esperadas del elemento cubierto con las liquidaciones esperadas de la cartera (derivado más del elemento cubierto) para las coberturas de flujos de efectivo en función de la curva de tipos .
- Calcular el ratio de reducción de varianza para cada uno de los test descritos.

3.- Test de Eficiencia de las Coberturas (TEC)

El siguiente apartado de la tesina esta destinado a la implementación de un test de eficiencia de cobertura que decida si un producto diseñado como cobertura de un instrumento financiero se trata, realmente, de una cobertura eficiente o si por el contrario no se ajusta en el nivel necesario al primero como para poder ser considerado como tal.

Para la correcta adaptación a la norma debemos dividir este trabajo en dos partes.

La primera parte tendrá un carácter estrictamente descriptivo que incluirá primero de todo una identificación de los dos instrumentos, el que va a ser sujeto a cobertura y el instrumento que lo va a cubrir, así como las características de dicha cobertura.

Para la descripción de los instrumentos indicaremos los siguientes aspectos:

- Tipo de Instrumento: Descripción del Instrumento.
- Referencia: Código ISIN o código interno con el cual sea fácilmente identificable.
- Contrapartida: Si existiera una entidad con la cual se ha cerrado el instrumento financiero añadiendo el Rating de la misma por las principales agencias de calificación crediticia.
- Fecha de Inicio: Fecha en la que se inicia la vida del instrumento.
- Fecha de Vencimiento: Fecha en la que el instrumento espira.
- Nominal: Nominal contratado en la divisa correspondiente.
- Características Específicas: Se adaptarán en función del instrumento financiero que estemos describiendo, a continuación se da una pauta generalista, sin embargo siempre es susceptible de ampliación para la correcta adecuación al instrumento.
 - Swap: Fechas de pago, tipos de cupones a recibir, tipo de cupones a pagar, base de cálculo y cualquier otra característica que podamos considerar importante.
 - Opción OTC: Subyacente, fechas significativas de cotización, strike, fecha de liquidación y cualquier otra característica que podemos considerar importante.

También realizaremos un trabajo descriptivo sobre la cobertura, en el que especificaremos los siguientes aspectos fundamentales.

- Descripción de la Operación de Cobertura: Identificaremos cuales son los dos instrumentos financieros que se van a estudiar.
- Identificación del Riesgo Cubierto: Describiremos brevemente cual es el riesgo que intentamos eliminar con la cobertura diseñada.
- Fecha de Inicio: Fecha en la cual se empezó a realizar la cobertura.
- Fecha de Vencimiento: Fecha en el cual acaba la cobertura.
- Fecha de Realización del Test: Fecha en la cual hemos realizado el test y por lo tanto fecha a la que pertenecen los datos de mercado.
- Porcentaje de Nominal Cubierto: Es la proporción del nominal afectada por la cobertura.

$$P.Nom.Cub = \frac{Nom\ Inst\ Cobertura}{Nom\ Inst\ a\ Cubrir}$$

- De este modo diremos que si el nominal del instrumento de cobertura es mayor al del elemento cubierto estaremos sobrecubierto y si se produce la situación contraria infracubierto. La situación general es optar por la cobertura sobre exactamente el total del nominal, por lo que estaremos en un 100% de nominal cubierto y no estaremos expuestos ni a una sobrecobertura ni a una infracobertura.
- Modelo de Test de Eficiencia que se va a utilizar: Indicaremos que modelo de los descritos por la norma es que hemos implementado. Por tanto elegiremos entre: Metodología de Compensación, Análisis de Regresión o Reducción de Varianza.

Una vez tengamos esta parte más descriptiva realizada nos centraremos en los aspectos que añaden más valor a nuestro estudio, es decir, a la realización del test que nos permite identificar las coberturas que realmente son eficientes y las que por el contrario no lo son. Dentro de este proceso también nos veremos obligados a discutir cual de los tres métodos descritos por la norma nos parece óptimo, y explicar los argumentos que nos han llevado a esta conclusión.

Para iniciar tanto la descripción de estos procesos, como para intentar descubrir la metodología más eficiente, nos plantearemos un ejemplo que además de servirnos para estos aspectos nos servirá para ver como se documentan los aspectos descriptivos.

CARACTERÍSTICAS DEL ELEMENTO CUBIERTO

Tipo de Instrumento:	Cédula Hipotecaria.
Referencia:	ES06423154320030
Contrapartida:	-
Fecha de Inicio:	15 de Junio del 2005
Fecha de Vencimiento:	15 de Junio del 2025
Nominal:	125.000.000,00 €
Características:	Cupones anuales en base Actual / Actual

Fecha de Pago	Cupón
15-jul-06	3,8543%
15-jul-07	3,8543%
15-jul-08	3,8543%
15-jul-09	3,8543%
15-jul-10	3,8543%
15-jul-11	3,8543%
15-jul-12	3,8543%
15-jul-13	3,8543%
15-jul-14	3,8543%
15-jul-15	3,8543%
15-jul-16	3,8543%
15-jul-17	3,8543%
15-jul-18	3,8543%
15-jul-19	3,8543%
15-jul-20	3,8543%
15-jul-21	3,8543%
15-jul-22	3,8543%
15-jul-23	3,8543%
15-jul-24	3,8543%
15-jul-25	3,8543%

CARACTERÍSTICAS DEL ELEMENTO DE COBERTURA

Tipo de Instrumento:	Swap de Tipo Fijo contra Tipo Variable
Referencia:	XS6542348624623
Contrapartida:	BSC - Banco Swaps y Derivados S&P AA+ Md Aa Md AA
Fecha de Inicio:	15 de Junio del 2005
Fecha de Vencimiento:	15 de Junio del 2025
Nominal:	125.000.000,00 €
Características:	Intercambio Tipo Fijo del 3,85% por Euribor 12M + 3,5pb Base de cálculo del Tipo Fijo Actual / Actual Base de cálculo del Tipo Variable Actual / 360

Fecha de Pago	Cupón Fijo - Cupón Variable
15-jul-06	3,85% - EUR12M Index + 3,5pb
15-jul-07	3,85% - EUR12M Index + 3,5pb
15-jul-08	3,85% - EUR12M Index + 3,5pb
15-jul-09	3,85% - EUR12M Index + 3,5pb
15-jul-10	3,85% - EUR12M Index + 3,5pb
15-jul-11	3,85% - EUR12M Index + 3,5pb
15-jul-12	3,85% - EUR12M Index + 3,5pb
15-jul-13	3,85% - EUR12M Index + 3,5pb
15-jul-14	3,85% - EUR12M Index + 3,5pb
15-jul-15	3,85% - EUR12M Index + 3,5pb
15-jul-16	3,85% - EUR12M Index + 3,5pb
15-jul-17	3,85% - EUR12M Index + 3,5pb
15-jul-18	3,85% - EUR12M Index + 3,5pb
15-jul-19	3,85% - EUR12M Index + 3,5pb
15-jul-20	3,85% - EUR12M Index + 3,5pb
15-jul-21	3,85% - EUR12M Index + 3,5pb
15-jul-22	3,85% - EUR12M Index + 3,5pb
15-jul-23	3,85% - EUR12M Index + 3,5pb
15-jul-24	3,85% - EUR12M Index + 3,5pb
15-jul-25	3,85% - EUR12M Index + 3,5pb

IDENTIFICACIÓN DE LA COBERTURA

Descripción:	Cobertura de la Emisión de una Cédula mediante un Swap
Riesgo Cubierto:	Riesgo de Movimientos de Tipos de Interés.
Fecha de Realización:	31 de Diciembre del 2005
Fecha de Inicio:	15 de Junio del 2005
Fecha de Vencimiento:	15 de Junio del 2025
Porcentaje de Cobertura:	100%
Modelo de Test:	Metodología de Compensación.

Para empezar, tal y como se detalla en la ficha identificativa, vamos a optar por un metodología de compensación tanto para el test retrospectivo como para el test prospectivo.

Empezando por el test retrospectivo, siempre tenemos que proceder de la misma forma, lo primero es realizar valoraciones de los dos instrumentos a fechas pasadas de forma equidistante. En general, generar valoraciones semanales es una buena técnica para instrumentos que hace poco que se han iniciado, si tienen algo más de vida transcurrida, al menos dos años, se pueden hacer valoraciones de periodicidad mensual. Teniendo las valoraciones podemos construir una serie de variaciones de precio de los dos instrumentos.

En este ejemplo hemos realizado valoraciones semanales desde la fecha de inicio hasta el 31 de diciembre del 2005, para realizar estas valoraciones se han usado las técnicas de valoración descritas en este mismo documento.

Una vez disponemos de estas variaciones en precio semanales aplicamos la metodología que hemos decidido implementar, en este caso, la metodología de compensación. Recordamos que esta metodología pretende estudiar el rango de variación de estos dos instrumentos de modo que este cociente este dentro de un rango comprendido entre el 80% y el 125%.

Por ejemplo, la cédula hipotecaria tenía a fecha 14 de octubre del 2005 un valor razonable de 128.078.615,56 € transcurrida una semana su valor era 129.811.037,20 €, esto supone que tuvo una variación del 1,3183%. En

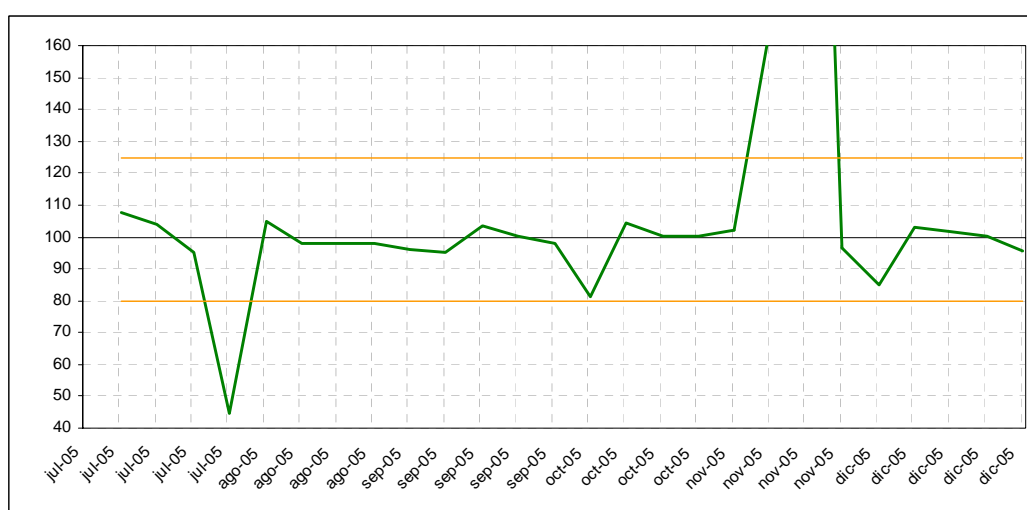
estas mismas fechas el Swap de cobertura paso de valer -2.646.495,27 € a -907.019,66 €, suponiendo una variación en precio del 1,3237%.

Estudiando esta variación tenemos

$$Ratio = \frac{1,3237\%}{1,3183\%} = 100,41\%$$

Que queda comprendido en el rango de eficiencia. De este mismo modo procedemos con todas variaciones semanales que disponemos y graficamos los resultados para que nos sean más visible.

Obtenemos el siguiente gráfico:



Leyendo este gráfico vemos que nuestra conclusión tendría que ser que esta cobertura no es eficiente, porque tenemos al menos una observación fuera de rango, en este caso, tenemos hasta tres.

TEC - COMPENSACIÓN	
Num Obs.:	26
Fuera Rango	3
Dentro Rang:	23
% Aciertos:	88,46%

Sin embargo, estudiando a nivel conceptual la cobertura parece muy ajustada. Por lo que puede ser conveniente que profundicemos más en este ejemplo para llegar a conclusiones interesantes.

Tomemos una de las fechas donde la cobertura se nos sale del rango, por ejemplo la variación que se produce entre el 22 y el 29 de julio del 2005, observamos que la variación de la cédula ha sido de 128.186.226,34 € a 128.090.681,24 €, es decir, ha variando un 0,0727%. En estas mismas fechas el supuesto elemento de cobertura a pasado de de 2.111.831,16 € a 2.154.694,00 €, es decir, ha variando un 0,032%. Si calculamos la ratio de la cobertura obtenemos que efectivamente, nos encontramos fuera del rango ya que esta Ratio es igual a 45% notablemente inferior al 80%.

Sin embargo la diferencia de variación es muy pequeña en términos absolutos y muy cercana a la que hemos estudiado antes y si hemos considerado eficiente. Esto nos lleva a observar que si las variaciones son muy pequeñas se nos pueden crear tensiones en el modelo debido a que este modelo describe una ratio, y una ratio pierde eficiencia si el denominador es un número muy pequeño. Llevando esta casuística al absurdo tendríamos que la Ratio de un instrumento de cobertura que varía un 0,001% contra una variación del 0% del elemento a cubrir sería infinita y por tanto ineficiente, cuando a nivel conceptual no es de esta forma.

Este primer ejemplo, por tanto, nos puede servir para sacar dos conclusiones muy claras. Primera, la metodología de compensación pese a ser muy intuitiva y conceptualmente muy sencilla presenta ineficiencias de modelo que hacen que no sea una método 100% fiable, por lo que lo descartamos como test definitivo. Segunda, avanzando un poco más en la conclusión anterior, se observa que el método de reducción de varianza consiste en algo muy similar, cambiando el ratio de variación de precio por un ratio de variación de la varianza y como ratio exige que el cociente de dos números cumpla la condición respectiva. Por tanto también puede presentar ineficiencias similares a la metodología de compensación.

Descartadas estas dos metodologías no nos queda más remedio que intentar realizar nuestro test según la metodología de regresión y ver si realmente en este caso si podemos garantizar que nos encontramos ante un test fiable en cualquier caso.

De este modo lo primero que tendremos que hacer es cambiar la ficha de identificación de la cobertura.

CASO PRÁCTICO: CÉDULA HIPOTECARIA

IDENTIFICACIÓN DE LA COBERTURA

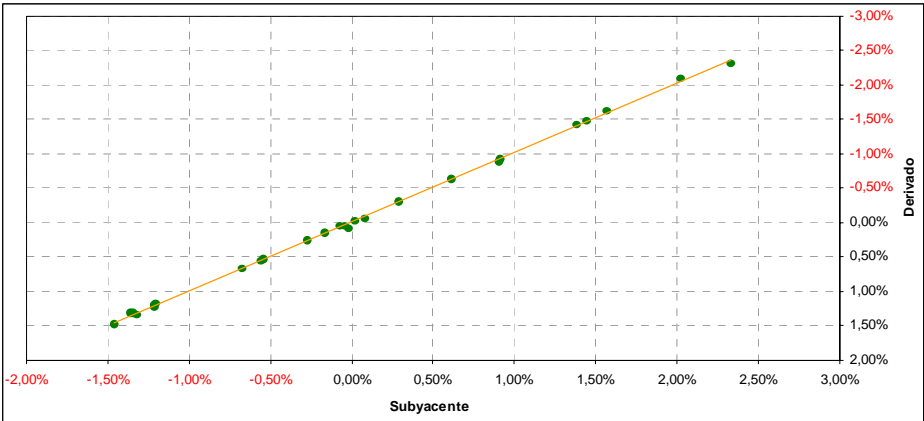
Descripción:	Cobertura de la Emisión de una Cédula mediante un Swap
Riesgo Cubierto:	Riesgo de Movimientos de Tipos de Interés.
Fecha de Realización:	31 de Diciembre del 2005
Fecha de Inicio:	15 de Junio del 2005
Fecha de Vencimiento:	15 de Junio del 2025
Porcentaje de Cobertura:	100%
Modelo de Test:	Análisis de Regresión.

Para realizar este modelo podemos aprovechar buena parte del trabajo ya realizado, en particular ya dispondremos de las series de las variaciones tanto del instrumento a ser cubierto como del instrumento de cobertura.

Para la realización de este test, tendremos que calcular cuatro variables estadísticas. Primero de todo, calcularemos la Correlación de los dos instrumentos, si realmente la cobertura es eficiente entremos un valor muy cercano a -1. Segundo y muy ligado a la correlación tenemos el coeficiente R de Explicación que esperamos cercano a 1. Llegados a este punto tendremos si las variaciones de los dos instrumentos están o no muy relacionadas, sin embargo no basta con que estén muy relacionadas, necesitamos que esta relación sea con pendiente igual a 1. Por lo que calculamos el coeficiente Beta de la recta de regresión, si la cobertura es eficiente el valor será muy cercano a -1. Por último, y aunque la norma no lo exija parece conveniente estudiar si esta recta de regresión es suficientemente cercana a la nube de puntos, por ello realizamos un test de fisher (F-Test) sobre la varianza de los puntos respecto recta de regresión. La respuesta de este test viene referida a la probabilidad de encontrar un punto aleatorio de la nube muy cercano a la recta de regresión y por tanto en caso de eficiencia conviene que sea un valor cercano a 1.

Una vez descrita detalladamente la metodología observemos los resultados de realizar el test retrospectivo para el caso de la Cédula Hipotecaria y el Swap.

Representación Grafica de la Recta de Regresión.



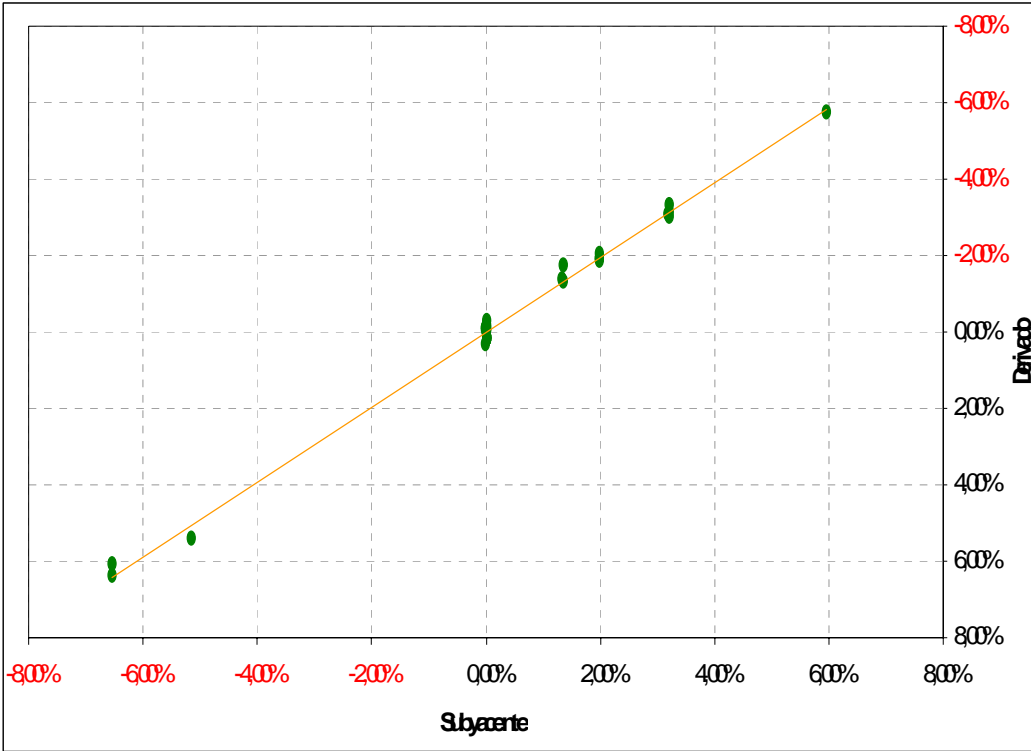
Visualización de los estadísticos calculados.

TEC - REGRESIÓN	
Num Obs.:	26
Coef. Correl.:	-100,0%
R ² :	99,9%
Pendiente:	-0,99
F-Test:	1,00

Observando los resultados y los valores esperados para una cobertura eficiente, podemos concluir que, en el caso del test retrospectivo, realmente la cobertura es eficiente. De todas formas conviene recordar que para poder considerar la cobertura es realmente eficiente tendremos que comprobar también que es eficiente para un test prospectivo.

El test prospectivo pretende ver la robustez de la cobertura para posibles escenarios futuros. Tratándose de una cobertura de tipo de interés nuestro test prospectivo se ha basado en la valoración de los dos instrumentos en función de los hipotéticos movimientos de curva. Hemos estudiado la valoración de los instrumentos en 35 escenarios de curva cupón cero diferentes. Para ello hemos dividido la misma en tres regiones, de 0 a 3 años, entre 3 y 10 años y entre 10 y 30 años, y hemos realizado combinaciones de movimientos en uno, dos y los tres tramos de entre 10 y 100 puntos básicos. Obtenidas las valoraciones hemos analizado la variación del precio obtenido contra el valor razonable obtenido a fecha de hoy y hemos realizado un test de análisis de varianza idéntico al del test retrospectivo. Observemos los resultados.

Representación Gráfica de la Recta de Regresión.



Visualización de los estadísticos calculados.

TEC - REGRESIÓN	
Num Obs.:	35
Coef. Correl.:	-99,7%
R2:	99,5%
Pendiente:	-1,02
F-Test:	1,00

	0 a 3 años	3 a 10 años	10 a 30 años
35	100 pb	100 pb	100 pb
'''	'''	'''	'''
33	25 pb	25 pb	25 pb
32	10 pb	10 pb	10 pb
31	50 pb	50 pb	0 pb
'''	'''	'''	'''
21	25 pb	0 pb	25 pb
20	10 pb	0 pb	25 pb
'''	'''	'''	'''
3	0 pb	0 pb	25 pb
2	0 pb	0 pb	10 pb
1	0 pb	0 pb	0 pb

Observando que los estadísticos vemos que la cobertura también supera el test prospectivo, por lo que podemos concluir que en este caso la Cobertura es eficiente y que el modelo aplicado es suficientemente robusto, por lo menos en este caso.

Para testear de una forma más profunda nuestro modelo probaremos de aplicarlo en un segundo ejemplo, esta vez se trata de comprobar si un producto emitido por una entidad bancaria referenciado a un índice de renta variable esta cubierto de forma eficiente por un producto derivado contratado en mercado OTC.

Procederemos igual que en el caso anterior y empezaremos identificando el instrumento que será sujeto de la cobertura.

CARACTERÍSTICAS DEL ELEMENTO CUBIERTO

Tipo de Instrumento:	Depósito con Opción Asiática
Referencia:	ASCALLSTRIP01
Contrapartida:	-
Fecha de Inicio:	25 de Marzo del 2004
Fecha de Vencimiento:	26 de Marzo del 2007
Nominal:	10.000.000 €
Características:	Deposito Garantizado con Revalorización positiva del IBEX. Pago de un Cupón del 10% sobre el 50% del Nominal Pago del 50% Revaloración media mensual del Ibex 35 sobre el 50% del Nominal

El producto a cubrir es un depósito mixto, pues tiene una parte de renta fija y una parte de renta variable. La renta fija es el cupón del 10% sobre el 50% del nominal y la parte de renta variable es una opción asiática con fijación mensual sobre el Ibex 35 sobre el 50% del nominal. En este caso vamos a proceder a la cobertura de la parte de renta variable con una opción también podríamos hacer una cobertura de la parte de renta fija con un swap en un caso similar al de la Cédula.

CARACTERÍSTICAS DEL ELEMENTO DE COBERTURA

Tipo de Instrumento:	Opción Call Asiática sobre el IBEX 35
Referencia:	XS785435426422
Contrapartida:	BSC - Banco Swaps y Derivados S&P AA+ Md Aa Md AA
Fecha de Inicio:	25 de Marzo del 2004
Fecha de Vencimiento:	26 de Marzo del 2007
Nominal:	2.500.000,00 €
Características:	La entidad recibe a vencimiento el máximo entre 0 y la revalorización media mensual del IBEX Strike de la Opción en 7914,80

Fechas de Fijación Pasadas	Nivel de Fijación
26-abr-04	8.362,90
25-may-04	7.841,50
25-jun-04	8.120,50
26-jul-04	7.740,90
25-ago-04	7.784,10
27-sep-04	7.939,70
25-oct-04	8.230,20
25-nov-04	8.755,40
27-dic-04	9.050,70
25-ene-05	9.033,20
25-feb-05	9.439,70
25-mar-05	9.309,30
25-abr-05	9.106,20
25-may-05	9.351,30
27-jun-05	9.622,90
25-jul-05	10.017,10
25-ago-05	9.983,20
26-sep-05	10.724,90
25-oct-05	10.476,60
25-nov-05	10.656,30
26-dic-05	10.723,90

La intención es que esta opción cubre las variaciones de la parte variable del depósito. Observemos que sobre el nominal total del depósito, 10.000.000 €, se destina un 50% a la parte de variable y sobre este nominal tenemos comprada una opción que paga el 50% de la revalorización media según el

Pay-Out de la opción asiática. Esto explica porque el nominal del instrumento de cobertura es sólo el 25% del nominal de la opción asiática y realmente cubre el 100% del Nominal que queremos cubrir.

CASO PRÁCTICO: DEPOSITO OPC. ASIÁTICA

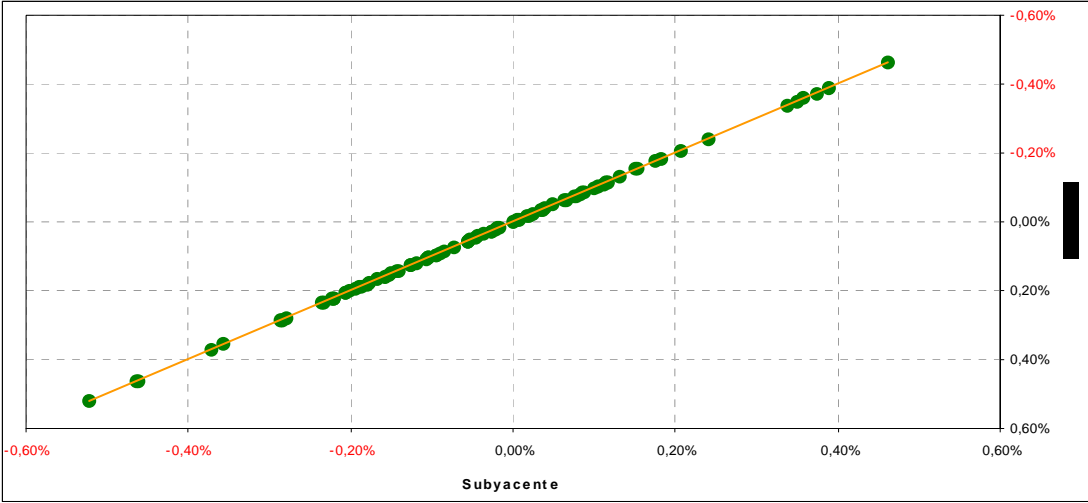
IDENTIFICACIÓN DE LA COBERTURA

Descripción:	Cobertura Opción Variable de un Depósito Mixto con una Opción Asiatica de Mercado OTC
Riesgo Cubierto:	Riesgo Evolución del Activo Subyacente de la Opción.
Fecha de Realización:	31 de Diciembre del 2005
Fecha de Inicio:	25 de Marzo del 2004
Fecha de Vencimiento:	26 de Marzo del 2007
Porcentaje de Cobertura:	100%
Modelo de Test:	Analisis de Regresión.

Llegados a este punto entramos en lo que es propiamente la parte del análisis de eficiencia de la cobertura. Tratándose de una opción asiática el ejercicio de valoración semanal no es tan directo como el de una hipotética opción Plain Vanilla, sin embargo tenemos la opción, tal y como se comenta en la parte de Valoración de Activos Financieros, de optar por un sencillo ejercicio de programación y simulación de precios por la metodología de Montecarlo, de este modo no nos será complicado obtener las valoraciones de la opción OTC que usamos como elemento de cobertura, ni del compromiso sobre la revalorización media del Ibex que adquiere el deposito y que es el instrumento a cubrir.

Para la realización del test retrospectivo y una vez dispongamos de las series de precios semanales y podamos transformarlas en variaciones porcentuales del precio procedemos según hemos visto en el caso de la Cédula Hipotecaria a calcular los estadísticos y graficar los resultados de la Regresión, obteniendo los siguientes resultados.

Representación Gráfica de la Recta de Regresión.



Visualización de los estadísticos calculados.

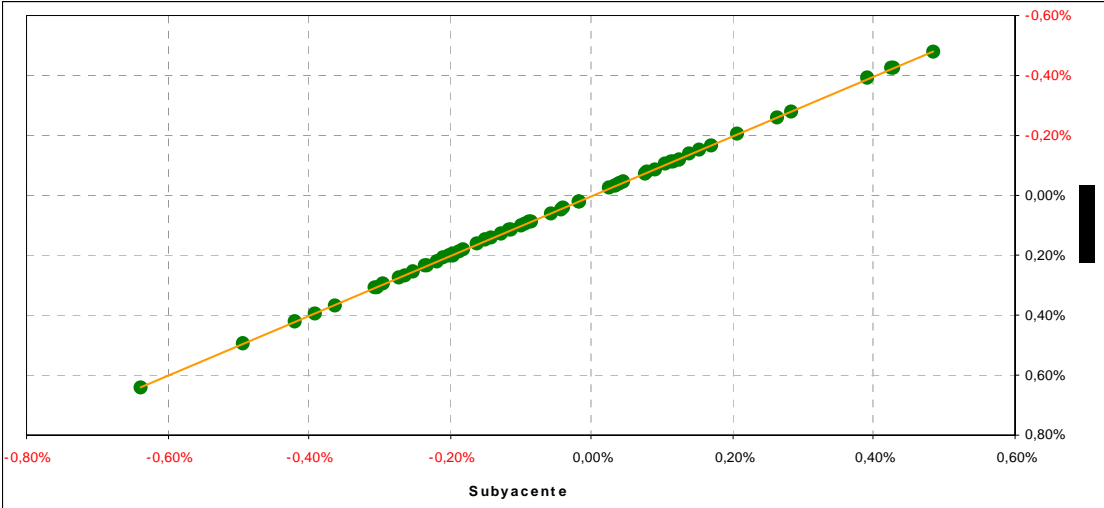
TEC - REGRESIÓN	
Num Obs.:	84
Coef. Correl.:	-100,0%
R2:	100,0%
Pendiente:	-1,00
F-Test:	1,00

Concluyendo que la parte retrospectiva del test se supera.

Una vez tenemos el OK de la parte retrospectiva, pasamos a la test prospectivo. Recordemos que en este punto puede ser conveniente ajustar los escenarios futuros a las características propias del producto. En particular, tratándose de un activo de renta variable podría ser conveniente tener en cuenta el efecto de la volatilidad futura sobre los instrumentos que estamos estudiando. De este modo para el test prospectivo generaremos 45 escenarios futuros diferentes. Los primeros 35 se corresponderán exactamente con los que realizamos en el caso de la Cédula Hipotecaria, es decir, serán los movimientos de la curva cupón cero, pues por todos es conocida que la evolución de los precios de renta variable también se ve afectado por esta variable, además de existir el efecto de actualizar los flujos futuros del pago de los instrumentos estudiados. Nos reservamos el resto de escenarios para estudiar la variación de los precios en función de la volatilidad, realizando movimientos de niveles de volatilidad escalonados en 50 puntos básicos, es decir consideramos desde la caída de la volatilidad en -2,5% hasta repuntes de la misma del 2,5%.

Calculando estos escenarios nos encontramos con una serie de 45 escenarios en los cuales se ha producido una variación del precio de ambos instrumentos financieros respecto al valor razonable de la fecha de realización del test, en este caso el 31 de diciembre del 2005, y procedemos a su estudio según la metodología establecida, que es el análisis de regresión.

Representación Grafica de la Recta de Regresión.



Visualización de los estadísticos calculados.

TEC - REGRESIÓN	
Num Obs.:	45
Coef. Correl.:	-100,0%
R2:	100,0%
Pendiente:	-1,00
F-Test:	1,00

Según la normativa establecida en para este modelo podemos concluir que se supera la condición eficiencia de cobertura para el test prospectivo. Sumando esta condición con la anterior podemos decir que realmente la cobertura es eficiente.

4.- Conclusiones

Una vez concluida conocida y estudiada la nueva normativa contable, implementados las herramientas de valoración necesarias y realizados diversos ejemplos de test de coberturas presentamos los resultados más interesantes de nuestro estudio en forma de conclusiones.

4.1- Conocer la norma y aplicarla es un ejercicio conveniente para ubicar de forma correcta el papel de los derivados en el balance.

La norma identifica de forma clara lo que van a ser Instrumentos derivados especulativos y los que lo serán de cobertura, para ello habrá que identificar y definir los riesgos a cubrir, los elementos objeto de la cobertura y los instrumentos que efectivamente cubrirán el riesgo, etc... y todo esto, superando los límites que hacen eficiente el test de la cobertura, nos permitirá compensar entre sí estas partidas de forma que no se trasladará a resultados la volatilidad que no tenga un perfil especulativo. Sin duda pues, el desconocimiento de la norma nos llevaría a una estructura de balance distinta, y a largo plazo supondría perder el control sobre la volatilidad de los resultados, lo cual, obviamente, no resulta conveniente.

4.2- La valoración de activos financieros es un elemento imprescindible en el estudio de coberturas.

Como hemos visto en el desarrollo de la tesina la materia prima para el desarrollo de tests y por tanto para el estudio de las coberturas es conocer el valor razonable de los instrumentos financieros que queremos contrastar. Conviene que las metodologías de valoración sean completamente estándares y ajustadas según las cotizaciones de mercado, habiendo casos en los que la obtención de los parámetros de mercado sean directas y casos en los que necesitaremos implementar procesos de cálculo. Es conveniente implementar internamente los procesos más elaborados de forma que los podamos obtener de forma mecánica. El desarrollo de modelos analíticos en la mayoría de los casos es utópico o de implementación compleja por lo que las metodologías de simulación son no convenientes sino imprescindibles a la hora de obtener niveles de eficiencia altos en la valoración.

4.3- Para maximizar la utilidad de los procesos de estudio de la eficiencia de las coberturas conviene establecer una metodología estándar.

El hecho de tener que adaptar el test al estudio particular de la cobertura se traduciría en una ineficiencia enorme, además de un punto muy oscuro de

cara a defender su bondad frente a una auditoría. Por tanto es conveniente fija un modelo inequívoco y de máxima fiabilidad antes de iniciar los estudios de las diferentes coberturas que queremos realizar.

4.4- Conviene que esta metodología estándar sea efectiva en elementos de diferente naturaleza.

Estudiadas las tres metodologías que propone la norma y ejemplificadas sus bondades e ineficiencias concluimos que la forma óptima de realización de test de cobertura eficiente que se adapten al más amplio espectro de naturalezas de instrumentos financieros es el análisis de regresión, frente a los modelos de reducción de varianza y compensación que también están recogidos en la norma. Por otro lado y aunque a nivel de control interno puede ser un ejercicio muy conveniente, el estudio de metodologías alternativas estaría fuertemente penalizado por el hecho que sus resultados tendrían que superar una auditoría realizada por personal externo que no estaría familiarizado con el nuevo modelo, esto supone una exposición y reflexión sobre el modelo por parte del personal externo con el correspondiente coste temporal y económico para la entidad sujeto de la auditoría y pionera en este nuevo modelo.

5.- Anexo: Valoración de Activos Financieros

En este apartado trataremos los aspectos básicos de la valoración de activos financieros, tanto de renta fija como renta variable. La valoración es un aspecto imprescindible para la realización de un test de eficiencia de coberturas. No podremos nunca hacer un test sin tener las valoraciones de los activos a tanto a fechas pasadas, como posibles valoraciones futuras en función de un cambio de escenario.

5.1.- Valoración de Activos de Renta Fija.

A continuación se detallan los aspectos más importantes para la correcta valoración activos de renta fija.

5.1.1- Cálculo de la Curva Cupón Cero.

El cálculo de la curva cupón cero no sólo es imprescindible cuando queremos valorar un activo de renta fija, también es imprescindible para la valoración de activos de renta variable. La curva cupón cero nos sirve para descontar flujos futuros teniendo en cuenta los dos factores básicos como son el plazo y la moneda del flujo futuro.

La metodología más empleada para la implementación de esta curva es la metodología conocida como "bootstrapping". El método bootstrapping combina los dos aspectos más importantes para ser un proceso útil en mercado: sencillez y eficiencia.

El método de bootstrapping se debe iniciar con la correcta elección de los activos de mercado. La elección más habitual es optar por los activos libres de riesgo, más adelante trataremos como introducir el riesgo de emisor a la curva cupón cero, por tanto, escogeremos los depósitos, para el plazo corto, entenderemos como cortos los plazos menores a un año, y los SWAPs para los plazos más largos.

A pesar de que nunca está de más leer la condiciones de estos contratos, en general los depósitos son un único pago a vencimiento en base ACT/360 y los de SWAP son pagos periódicos, anuales o semianuales, durante un plazo de tiempo determinado en base 30/360.

En el caso de la Curva Euro, si trabajamos con un terminal de Blomberg, los Rics de mercado para el corto plazo son EUDR_Currency, en la posición del guión es donde se especifica el plazo.

En el caso del largo plazo, los Rics correspondientes a los SWAP son EUSA_ Curncy, donde la posición del guión especifica el plazo.

Para las diferentes monedas los cambios en los RICs vienen básicamente en las dos primeras letras siendo US para el Dólar Americano, SF para el Franco Suizo, BP para el British Pound y JY para el Yen Japonés. Observamos también, que a diferencia del Euro, algunas monedas disponen de SWAP anuales y semianuales, como por ejemplo EUSA2 Curncy sería un Swap anual, mientras que USSW2 sería semianual. En estos casos acostumbra a ser más líquida la referencia semianual, por lo que nos decantaremos por ellas.

La siguiente tabla muestra un ejemplo de los datos que necesitamos para obtener la curva cupón cero en Euros a una fecha determinada.

Moneda:	EURO	Descripción
Día:	05/06/2006	
EUDR1T Curncy	2,570	EUR DEPOSIT O/N
EUDR2T Curncy	2,565	EUR DEPOSIT T/N
EUDR3T Curncy	2,575	EUR DEPOSIT S/N
EUDR1Z Curncy	2,531	EUR DEPOSIT 1WK
EUDRA Curncy	2,813	EUR DEPOSIT 1MO
EUDRB Curncy	2,844	EUR DEPOSIT 2MO
EUDRC Curncy	2,906	EUR DEPOSIT 3MO
EUDRF Curncy	3,063	EUR DEPOSIT 6MO
EUDRI Curncy	3,215	EUR DEPOSIT 9MO
EUDR1 Curncy	3,313	EUR DEPOSIT 12MO
EUSA2 Curncy	3,623	EUR SWAP ANNUAL 2YR
EUSA3 Curncy	3,746	EUR SWAP ANNUAL 3YR
EUSA4 Curncy	3,832	EUR SWAP ANNUAL 4YR
EUSA5 Curncy	3,901	EUR SWAP ANNUAL 5YR
EUSA6 Curncy	3,963	EUR SWAP ANNUAL 6YR
EUSA7 Curncy	4,021	EUR SWAP ANNUAL 7YR
EUSA8 Curncy	4,075	EUR SWAP ANNUAL 8YR
EUSA9 Curncy	4,126	EUR SWAP ANNUAL 9YR
EUSA10 Curncy	4,173	EUR SWAP ANNUAL 10YR
EUSA15 Curncy	4,353	EUR SWAP ANNUAL 15YR
EUSA20 Curncy	4,446	EUR SWAP ANNUAL 20YR
EUSA25 Curncy	4,484	EUR SWAP ANNUAL 25YR
EUSA30 Curncy	4,493	EUR SWAP ANNUAL 30YR
EUSA40 Curncy	4,492	EUR SWAP ANNUAL 40YR
EUSA50 Curncy	4,482	EUR SWAP ANNUAL 50YR

Una vez disponemos de estos datos empezamos el proceso de cálculo propiamente dicho:

- Calcular los Factores de Descuento en los plazos cortos de la curva.

Como en estos plazos los depósitos vienen cotizados en tipo compuesto obtendremos el factor de descuento al plazo de cada depósito según la siguiente fórmula:

$$FD_t = \frac{1}{(1 + r_d)^{t/360}}$$

Donde t son los días desde el vencimiento del depósito a la fecha de hoy y r es el tipo del depósito correspondiente.

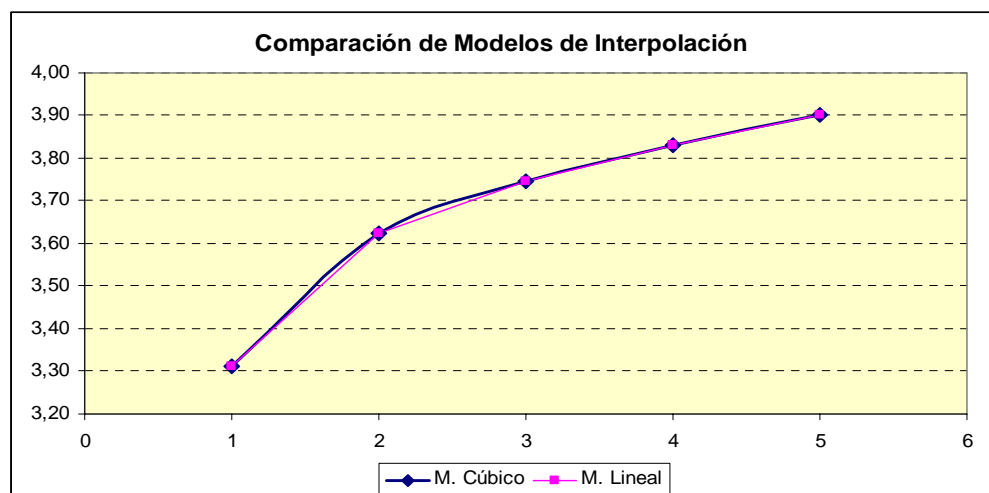
Una vez realizado este proceso disponemos de los factores de descuento para los plazos de los depósitos seleccionados, por tanto desde el factor de descuento a un día hasta el de un año.

- Interpolar los datos de la tabla a periodos anuales.

Una vez disponemos de los Swaps más líquidos de mercado, interpolaremos para disponer de un swap por año, para ello haremos una interpolación por "Splines Cúbicos".

Este modelo de interpolación no solo ajusta la red de puntos conocida, sino que además ajusta la pendiente en dichos puntos. Este modelo es mucho más ajustado que la interpolación lineal porque evita los cambios de pendiente bruscos.

En los documentos de la bibliografía se puede encontrar el algoritmo de cálculo de ambos modelos. En el gráfico siguiente se muestra una comparación del ajuste de la curva entre el modelo cúbico y lineal.



- Calcular los Factores de Descuento anuales de modo iterativo.
Recordemos que los SWAP en mercado cotizan a la par, y eso quiere decir que para el Swap a n años:

$$100 = \sum_{i=1}^n r_{swap} \cdot FD_i + 100 \cdot FD_n$$

Esta forma nos permite calcular los factores de descuento siguiendo un proceso iterativo. Para ver mejor en que consiste este proceso calcularemos el factor de descuento a dos años. Recordemos que gracias a los depósitos conocemos el factor de descuento a un año.

$$100 = r_{swap} \cdot FD_1 + (100 + r_{swap}) \cdot FD_2$$

Donde la única incógnita sería el factor de descuento a dos años y por tanto lo podríamos calcular de la siguiente forma:

$$FD_2 = \frac{100 - r_{swap} \cdot FD_1}{100 + r_{swap}}$$

Aplicando el proceso iterativo tendremos que podremos calcular sucesivamente un factor de descuento a cualquier año.

$$FD_n = \frac{100 - \sum_{i=1}^{n-1} r_{swap} \cdot FD_i}{100 + r_{swap}}$$

- Despejar el Tipo de Interés Cupón Cero Implícito.
Llegados a este punto disponemos de una matriz de parejas formada por una fecha y un factor de descuento a esa fecha, por lo que la obtención del tipo cupón cero será prácticamente directo:

$$FD_t = e^{-r_{zc} \cdot t} \rightarrow r_{zc} = \frac{-\ln(FD_t)}{t}$$

Notemos que la base de cálculo de fechas será ACT/ACT

- Expresar la Curva Cupón Cero.
A la hora de expresar la curva cupón cero calculada acostumbra a ser más cómodo expresarla en forma de pares: día y tipo. Esto es debido a que a la hora de trabajar con ella rara vez encontraremos en la matriz la fecha exacta a la que buscamos el tipo, y en general tendremos que interpolar. El resultado de este proceso es la siguiente matriz:

Moneda	EUR
Día	05/06/2006
1	2,6056%
2	2,6004%
3	2,6105%
9	2,5656%
32	2,8481%
63	2,8761%
94	2,9355%
185	3,0810%
275	3,2203%
367	3,3031%
735	3,4976%
1099	3,6881%
1463	3,7730%
1828	3,8446%
2194	3,9096%
2559	3,9697%
2926	4,0266%
3290	4,0814%
3655	4,1328%
4020	4,1819%
4385	4,2267%
4750	4,2680%
5117	4,3058%
5481	4,3393%

Ejemplo de Activos que podemos valorar conociendo la curva cupón cero:

Precio de un Strip con un Nominal de 1.000.000 € a fecha 25 de agosto del 2006.

Primero interpolamos, para obtener el tipo cupón cero a esta fecha:

Para ser más exactos interpolamos la matriz anterior a 81 días, que son los que transcurren desde el 5 de junio hasta el 25 de agosto y obtenemos un tipo cupón cero a esa fecha igual a 2,8895%.

Segundo calculamos el factor de descuento:

$$FD_{25/8/06} = e^{-0.028895 \cdot 81 / 365} = 0,9936$$

Por último lo aplicamos al nominal:

$$VP(Nom)_{25/8/06} = Nom \cdot FD_{25/8/06} = 1.000.000 \cdot 0,9936 = 993.608,18$$

5.1.2- Los Tipos Implícitos.

En este apartado hablaremos de cómo calcularemos tipos de interés futuros a fecha de hoy, para ello siempre necesitamos partir de la pertinente curva cupón cero que hemos aprendido a calcular en el punto anterior.

Observamos que en el punto d) despejamos el tipo de interés mediante una fórmula logarítmica y no mediante la raíz enésima correspondiente. Es decir no utilizamos:

$$FD_t = \frac{1}{(1+r_{zc})^t} \rightarrow r_{zc} = \sqrt[t]{\frac{1}{FD_t}} - 1$$

Esto es debido a que la curva cupón cero la estamos calculado con tipo de interés continuo y no compuesto. Existen básicamente dos razones para hacerlo de este modo. La primera pertenece a una cuestión de economía de cálculo que se ha quedado desfasada en nuestros días, ya que en los actuales ordenadores no se puede apreciar, sin embargo a nivel de optimizar los procesos, la velocidad de cálculo por parte de un ordenador de una operación logarítmica o exponencial es mucho superior (del orden de 5 veces) a la de calcular la raíz enésima de un valor. La segunda razón, mucho más visible para nosotros es que el los tipos continuos permiten una gran sencillez para el cálculo de los Tipos Forward o Tipos Implícitos, obsérvese:

$$\begin{aligned} FD_T &= FD_t \cdot FD_{t \rightarrow T} \rightarrow e^{-RT} = e^{-rt} \cdot e^{-r_f(T-t)} \rightarrow \\ &\rightarrow R \cdot T = r \cdot t + r_{forward} \cdot (T-t) \rightarrow r_{forward} = \frac{R \cdot T - r \cdot t}{T-t} \end{aligned}$$

Mientras que en el caso de los Tipos Compuestos la formulación es bastante más complicada:

$$\begin{aligned} FD_T &= FD_t \cdot FD_{t \rightarrow T} \rightarrow \frac{1}{(1+R)^T} = \frac{1}{(1+r)^t} \cdot \frac{1}{(1+r_{forward})^{(T-t)}} \rightarrow \\ &\rightarrow r_{forward} = \sqrt[T-t]{\frac{(1+R)^T}{(1+r)^t}} - 1 \end{aligned}$$

Ejemplos de Activos que podemos calcular:

Un Bono Flotante que paga el día 5 de los meses de junio y diciembre hasta diciembre del 2008 un cupón de Euribor 6 meses menos 10 puntos básicos, fijando este tipo el día de inicio del periodo.

Primero calculamos el tipo que tendremos en cada una de las fechas de pago, para ellos interpolamos directamente de la curva cero cupón.

Se observa ahora que estas fechas definen exactamente plazos de 6 meses, por lo que utilizamos la siguiente para calcular los tipos forward:

Por últimos usamos los Factores de Descuento para traer los flujos a valor presente. El siguiente cuadro resume el proceso:

Fecha Valoración		05/06/2006		
Fecha Inicio	Fecha Pago	Tipo ZC	Tipos Forward a 6M en Inicio - 10pb	Factor de Descuento
05/06/2006	05/12/2006	3,079%	2,979%	0,984683
05/12/2006	05/06/2007	3,302%	3,426%	0,967520
05/06/2007	05/12/2007	3,403%	3,504%	0,950194
05/12/2007	05/06/2008	3,495%	3,664%	0,932390
05/06/2008	05/12/2008	3,598%	3,907%	0,913842

Valor con Retorno de Principal: 99,67

5.1.3- Metodología de Hull & White.

La metodología de Hull & White consiste en la simulación de curvas de interés según un patrón de camino aleatorio ajustado a las condiciones de mercado. Este modelo sirve básicamente para la valoración de productos con "pay out" de tipo digital, es decir, aquellos en los que el pago del flujo determinado depende de ciertas condiciones sobre el tipo de interés a una fecha futura.

A pesar de que no entraremos en demasiada profundidad en este modelo, pues queda bastante alejado de objetivo de la tesis, hemos considerado interesante comentarlo pues la mejor alternativa para productos donde los tipos implícitos son

insuficientes pues no recogen la varianza del nivel futuro del índice.

La fórmula analítica del modelo de *Hull and White* es la siguiente:

$$dr = [\theta(t) - ar]dt + \sigma dz$$

Donde:

dr es el diferencial del tipo de interés.

$\theta(t)$ es el drift del tipo interés, marca la tendencia de la evolución.

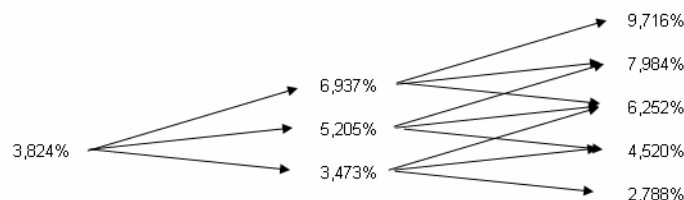
a la reversión a la media del modelo.

σ la volatilidad del tipo de interés.

dz es el diferencial de la normal Standard.

El objetivo de este modelo es la construcción de un Árbol Trinomial sobre la evolución de un determinado Tipo de Interés y de una función de distribución de probabilidad discreta en cada uno de los nodos del Árbol Trinomial, que nos permita representar diferentes caminos aleatorios que pueda seguir dicho tipo de interés.

A continuación se muestra un ejemplo:



NODE	A	B	C	D	E	F	G	H	I
R	3,824%	6,937%	5,205%	3,473%	9,716%	7,984%	6,252%	4,520%	2,788%
P up	16,67%	12,17%	16,67%	22,17%	88,67%	12,17%	16,67%	22,17%	8,67%
P middle	66,66%	65,66%	66,66%	65,66%	2,66%	65,66%	66,66%	65,66%	2,66%
P down	16,67%	22,17%	16,67%	12,17%	8,67%	22,17%	16,67%	12,17%	88,67%

Debido a que el objetivo de esta tesina no es profundizar en la valoración de derivados de tipo de interés por la metodología de *Hull and White*, no detallaremos todas las fórmulas que lleva este modelo para su calibración e implementación, que por otro lado si están disponibles en los documentos bibliográficos.

Por último proponemos un ejemplo en el que nos sería útil usar el modelo de *Hull & White*: La Entidad Banca BHV emite un bono que pagará durante los próximos 20 años anualmente un cupón igual al 7% siempre y cuando el tipo Swap a 10 años sea menor al 6%.

Observemos que si calculamos los tipos forward nuestra valoración queda poco ajustada pues la respuesta a la opción digital será siempre igual a una determinada fecha, cuando la situación más real es tener una probabilidad p de cobrar el cupón y una probabilidad $1-p$ de no recibirlo. Realizando una gran cantidad de simulaciones podemos aproximar tanto como queramos p para nuestro modelo y obtener una valoración más coherente.

5.1.4.- Nivel de Spread en la Curva Cupón Cero.

Como hemos comentado en el punto en el que calculábamos la curva cupón cero, en un principio, estábamos calculando una curva libre de riesgo. En realidad cualquier activo tiene un riesgo de impago mayor o menor en función del emisor del activo. Para medir ese riesgo existen las tablas de Rating de diferentes agencias que intentan medir el riesgo que tienen los diferentes emisores. Para hacernos una idea del riesgo de impago adjuntamos la siguiente tabla donde se comenta se parametriza la probabilidad de impago en función del Rating según Standard and Poors.

Plazo	1Y	3Y	5Y	10Y
AAA	0,02%	0,12%	0,28%	0,99%
AA+	0,02%	0,14%	0,36%	1,25%
AA	0,11%	0,39%	0,76%	1,99%
AA-	0,14%	0,46%	0,88%	2,26%
A+	0,14%	0,50%	0,98%	2,60%
A	0,14%	0,54%	1,11%	3,04%
A-	0,14%	0,63%	1,33%	3,60%
BBB+	0,22%	0,91%	1,84%	4,66%
BBB	0,22%	1,18%	2,50%	6,08%
BBB-	0,54%	2,32%	4,39%	9,11%
BB+	1,67%	4,92%	7,87%	13,49%
BB	2,77%	7,50%	11,25%	17,47%
BB-	2,79%	8,38%	12,97%	20,04%
B+	3,67%	11,08%	16,66%	23,98%
B	8,59%	18,59%	23,49%	28,45%
B-	9,56%	21,56%	27,32%	32,50%
CCC+	14,69%	28,70%	34,20%	38,76%
CCC	19,82%	35,83%	41,08%	45,02%
CCC-	46,55%	57,22%	60,72%	63,35%
CC	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
C	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
D	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

En general este riesgo de impago se traslada a la valoración aplicando un movimiento paralelo a la curva cupón cero que es mayor en función de la mayor probabilidad de impago. Este diferencial es conocido como Spread de Crédito e interviene directamente en la valoración de un activo aplicándose cuando se calculan los factores de descuento. De este modo la fórmula del factor de descuento para un activo con riesgo será:

$$FDR_t = e^{-(rzc+spread)t} \leq FD_t = e^{-rzc \cdot t}$$

La elección del nivel de spread se puede ajustar básicamente de dos maneras. La primera sería en función del Rating y las tablas de Spread que nos proporciona la Agencia en cuestión y la segunda aplicando el spread con el que coticen en Bloomberg las emisiones de deuda de dicho emisor. Si se decide aplicar este segundo punto hay que elegir cuidadosamente el activo de referencia y ajustarlo al máximo a las características de nuestro activo, por ejemplo no podemos comparar el spread de una cédula hipotecaria con el de la deuda subordinada.

5.2 Valoración de Activos de Renta Variable.

En el siguiente punto se procede a la explicación de cómo desarrollar una herramienta práctica para la valoración de activos financieros referenciados a renta variable, primero nos centraremos, en sus principales "inputs" que serán la volatilidad de los activos y la correlación, para casos de activos referenciados a diversos subyacentes. Luego, explicaremos el desarrollo de la herramienta y los procesos que lleva a cabo para valorar estos activos.

5.2.1- Volatilidades.

El tratamiento de las volatilidades es uno de los factores determinantes en la valoración de activos financieros. La volatilidad es la desviación de los rendimientos esperados de un título. Existen diversos modelos para calcular la volatilidad, de todos ellos los dos más populares son el cálculo de volatilidades históricas e implícitas. En este capítulo explicaremos las herramientas para obtener dichas volatilidades y su aplicabilidad práctica.

La volatilidad histórica nos proporciona una buena idea intuitiva sobre la volatilidad. Consiste en el estudio de una serie histórica, preferiblemente larga de datos del activo con el que estamos

trabajando. Primero de todo calculamos los rendimientos logarítmicos.

$$r_t = \ln\left(\frac{p_t}{p_{t-1}}\right)$$

Los rendimientos son menos intuitivos pero tienen la ventaja de tener la propiedad aditiva, es decir con rendimientos logarítmicos, el rendimiento de una serie de días es la suma de los rendimientos de esos días

Una vez hemos convertido la serie de precios en una serie de rendimientos, podemos calcular la desviación estándar con la fórmula habitual.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n r_i^2 - \frac{1}{n(n-1)} \left(\sum_{i=1}^n r_i\right)^2}$$

Sin embargo es conveniente detallar un poco algunos ajustes a este modelo para adaptarlo más a nuestras necesidades. Primero de todo podemos decidir cuantas observaciones tomamos para nuestro cálculo, en general es conveniente escoger series tan largas como necesitemos, y esto es, si vamos a valorar una opción con vencimiento 5 semanas, parece conveniente escoger series de 20 sesiones, pues nuestro vencimiento es este. Serie necesario detallar que nunca convendría coger series menores de 10 datos y tampoco mayores de 252 (un año) porque si fueran excesivamente cortas pueden ser poco representativas y si son excesivamente largas, probablemente, no aportarán información nueva.

De este modo es como muchos autores tratan la volatilidad histórica, sin embargo una reflexión un poco más detallada nos puede llevar a definir unos "submodelos" que nos pueden aportar información bastante valiosa. En particular hablaremos de 5 "submodelos". El primero de todos es el anteriormente mencionado, lo llamaremos volatilidad histórica actual.

Para calcular los otros empezaremos calculando la volatilidad histórica actual para un periodo de tiempo que ajustaremos en función de nuestras necesidades. Una vez tengamos este cálculo hecho definiremos como:

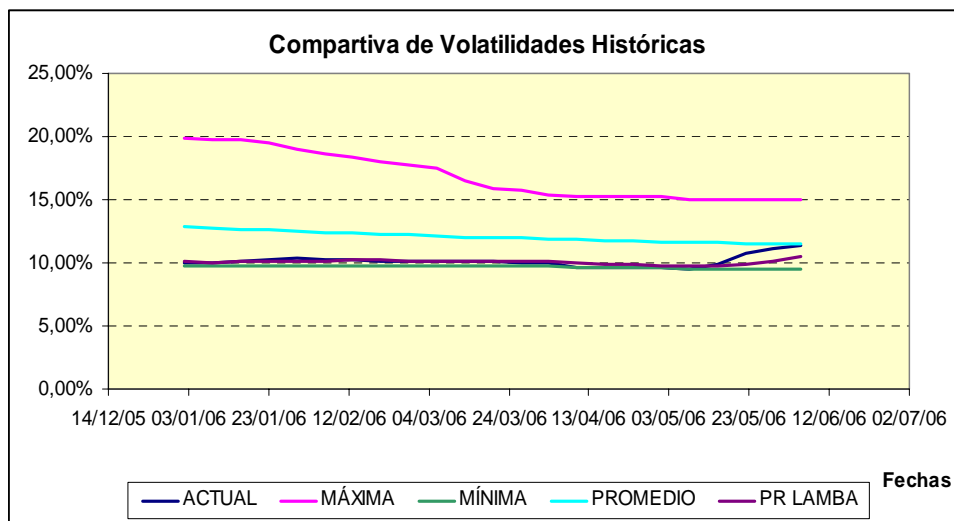
- Volatilidad histórica Actual a la desviación observada en la fecha más reciente.
- Volatilidad histórica Máxima al máximo de las desviaciones históricas actuales calculadas para este periodo de tiempo.

- Volatilidad histórica Mínima al mínimo de las desviaciones históricas actuales calculadas para este periodo de tiempo.
- Volatilidad histórica Promedio al promedio de las desviaciones históricas observadas.
- Volatilidad histórica Promedio Ajustada, al promedio ponderado de las desviaciones históricas observadas ajustado por un peso que calcularemos del siguiente modo. Entendiendo que la observación más reciente es la observación $i = 1$ y siguen un orden cronológico, el peso de la observación i será:

$$w_i = (1 - \lambda) \cdot \lambda^{i-1} \quad \text{en general} \quad \lambda = 0.94$$

De este modo se realiza un promedio similar al anterior pero donde las observaciones más recientes tienen más peso.

En el siguiente gráfico observamos la comparativa de los 5 modelos.



La aplicación de la volatilidad histórica a la valoración de activos financieros es escasa pues no se trata de aquella con la que realmente trabaja el mercado a fecha actual. En general su aplicación queda reducida a la elaboración de informes explicativos sobre el comportamiento de las carteras o los activos en el pasado. Sólo toman importancia en la valoración en el caso en que no se dispone de instrumentos derivados para un cierto título que nos permitan calcular la volatilidad implícita y, aun así, en muchas ocasiones se opta por calcularla por ajuste de Beta respecto algún índice al que pertenezca y tengamos información.

Tratemos ahora la volatilidad implícita, la volatilidad implícita de un activo es aquella que se recogen en las opciones de mercado que tienen dicho activo como subyacente. Podríamos decir que la volatilidad implícita es aquella con la que "a priori" el mercado descuenta que se va a mover nuestro activo subyacente. Dicha volatilidad no cotiza de forma directa, sino lo que cotiza es el precio de la opción "plain vanilla" de mercado. Pongamos el ejemplo de cómo se calcula la volatilidad de una opción tomando una call. Por Black & Scholes la valoración correcta de una opción de compra se realiza con la siguiente fórmula:

$$c = S \cdot N(d_1) - X \cdot e^{-rT} \cdot N(d_2)$$

$$d_1 = \frac{\ln(S/X) + rT + \sigma^2 T / 2}{\sigma \sqrt{T}} \quad \text{y} \quad d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{T}$$

Observemos que si acudimos a mercado la única incógnita que tenemos en esta fórmula es la σ , la volatilidad, este valor es el que llamaremos volatilidad implícita. Resulta evidente la imposibilidad de despejar analíticamente esta variable de la fórmula, por lo que recurriremos a alguno de los diferentes métodos numéricos para la resolución de problemas de ceros de funciones. En particular, un método de alta eficiencia que combina sencillez y rapidez para resolver este problema es el Algoritmo de Newton-Raphson. Este método de velocidad de convergencia $O(2)$ (terminología matemática para definir la velocidad de convergencia) busca los ceros de las funciones en función de la pendiente de la función, el algoritmo general se realiza construyendo la siguiente serie:

$$x_{i+1} = x_i - \frac{f(x)}{\frac{\partial f}{\partial x}} \quad \text{hasta que} \quad |y_{\text{objivo}} - f(x_{i+1})| \leq \varepsilon$$

Aplicado a nuestro problema sería:

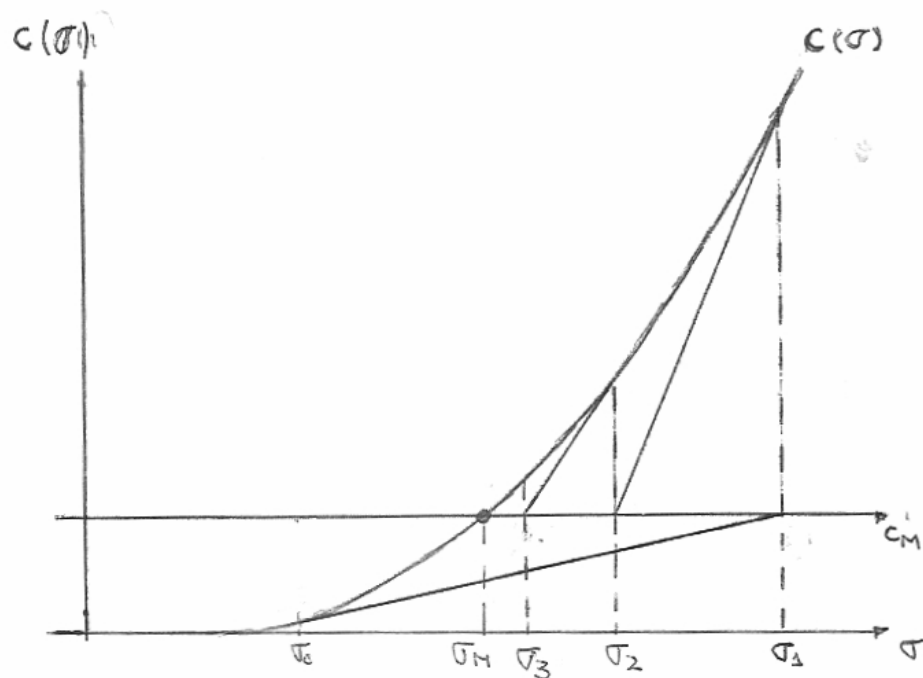
$$\sigma_{i+1} = \sigma_i - \frac{c(\sigma_i) - c_m}{\frac{\partial c}{\partial \sigma}(\sigma_i)}$$

Observemos que el denominador, la derivada respecto la volatilidad, es, por tanto, la vega de la propia opción.

En general se inicia la iteración, con un valor inicial suficientemente ajustado, en este caso es el siguiente:

$$\sigma_0 = \sqrt{\left| \ln\left(\frac{S}{X}\right) + rT \right| \frac{2}{T}}$$

Observemos lo que hacemos gráficamente:



Este proceso que nos lleva a obtener la volatilidad implícita se puede realizar de forma análoga con las opciones de venta put. Es habitual, dado que habitualmente siempre que existe una call con un determinado strike y tiempo a vencimiento también existe la correspondiente put, calcular la volatilidad de ambas y promediarlas. De este modo podemos obtener la volatilidad implícita de un activo a un cierto vencimiento y en un cierto nivel In / Out the Money (ITM/OTM):

$$\sigma_t^{ITM/OTM} \quad \text{donde } ITM/OTM = \frac{Strike}{Spot}$$

Este matiz del nivel sobre Strike y vencimiento es importante, pues se puede observar que las opciones sobre un mismo subyacente cotizan con diferente volatilidad en función de estas dos variables. En particular se conoce como Smile de volatilidad el gráfica característico que se forma fijando un cierto vencimiento cuando variamos el Strike.

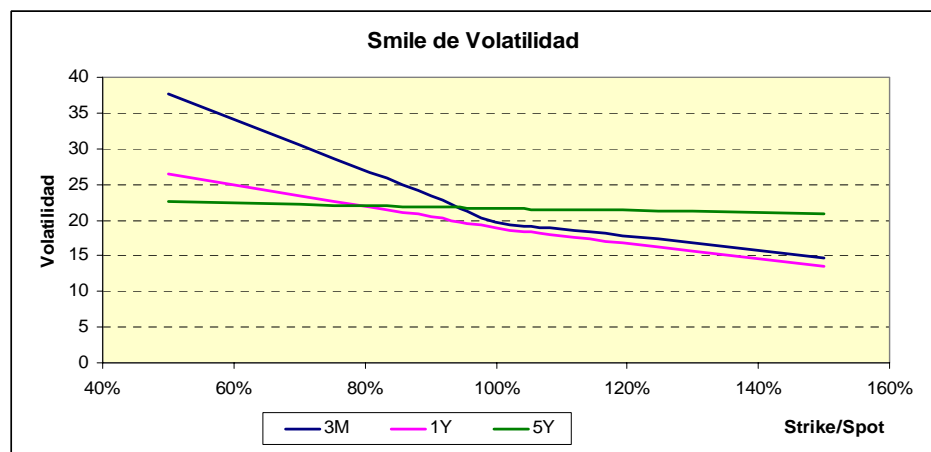
Observemos el siguiente ejemplo calculado por el método de cálculo anteriormente detallado:

	Subyacente:	TEF SM Equity											
ITMOTM	Strike	16-jun-06	15-sep-06	15-dic-06	16-mar-07	15-jun-07	21-sep-07	21-dic-07	20-jun-08	19-dic-08	19-jun-09	18-dic-09	17-dic-10
70,50%	9,13	91,33%	31,03%	23,36%	24,67%	23,01%	23,73%	23,46%					
72,43%	9,38	84,43%	27,99%	23,42%	24,01%	22,68%	23,13%	23,22%		27,84%			
74,29%	9,62	77,98%	25,13%	23,63%	23,67%	22,74%	22,72%	22,97%		24,93%			
77,99%	10,10	65,56%	24,06%	23,03%	22,98%	22,22%	22,21%	22,28%	22,79%	23,81%			
81,70%	10,58	53,72%	23,16%	22,24%	22,10%	21,54%	21,65%	21,71%	21,68%	23,13%			
85,41%	11,06	42,42%	22,56%	21,25%	21,47%	21,13%	21,05%	21,10%	21,22%	22,43%	22,36%	22,60%	22,26%
89,11%	11,54	31,61%	21,73%	20,80%	21,03%	20,45%	20,49%	20,61%	20,39%	22,07%	21,99%	21,89%	22,02%
92,82%	12,02	26,92%	21,06%	20,11%	20,33%	19,85%	20,03%	19,99%	20,04%	21,47%	21,44%	21,54%	21,78%
96,53%	12,50	21,30%	20,37%	19,70%	19,76%	19,50%	19,47%	19,56%	19,38%	20,95%	21,17%	21,41%	21,49%
100,23%	12,98	20,20%	19,69%	19,18%	19,23%	18,80%	18,91%	19,06%	19,14%	20,73%	20,83%	20,91%	21,42%
103,94%	13,46	20,09%	19,54%	18,92%	18,91%	18,44%	18,52%	18,66%	18,72%	20,45%	20,62%	20,96%	21,31%
107,64%	13,94		19,10%	18,53%	18,62%	18,06%	18,19%	18,47%	18,76%	20,57%	20,68%	20,86%	21,21%
111,35%	14,42		18,90%	18,17%	18,15%	17,75%	17,75%	18,02%	18,46%	20,33%	20,54%	20,88%	21,46%
115,06%	14,90		18,33%	17,95%	17,94%	17,37%	17,52%	17,81%	18,47%	20,38%	20,59%	20,89%	21,37%
118,76%	15,38		17,73%	17,59%	17,54%	17,05%	17,10%	17,47%	18,44%	20,37%	20,55%	20,86%	
122,55%	15,87		18,25%	17,14%	17,05%	16,78%	16,84%	17,21%	18,25%	20,46%	20,49%	20,87%	
126,25%	16,35			16,73%	15,94%	16,38%	16,58%	17,13%	18,35%	20,45%	20,63%	20,95%	

Interpolando (método de interpolación bivalente) para tener una matriz más estándar tenemos:

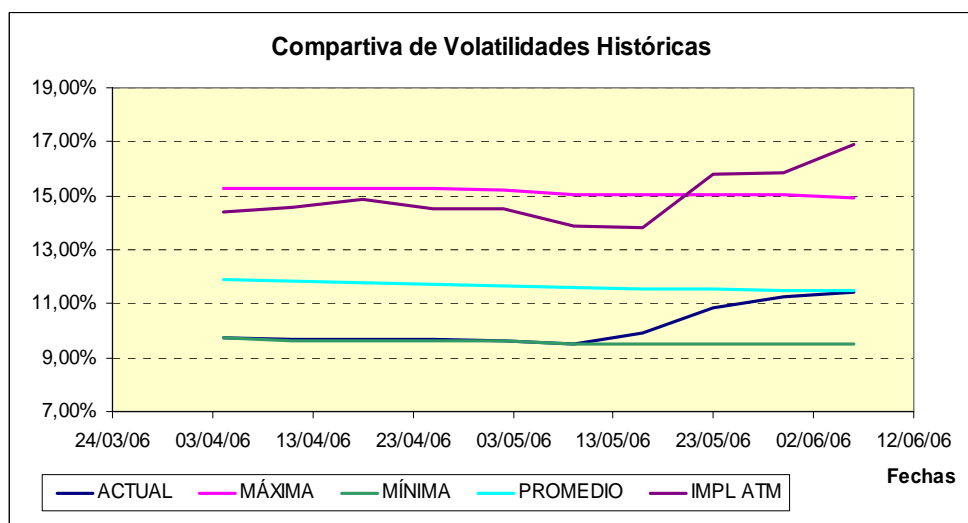
TEF SM Equity		50%	70%	90%	100%	110%	130%	150%
1M	0,1	85,0	59,1	33,1	20,1	18,6	15,6	12,5
3M	0,3	37,8	30,6	23,4	19,8	18,8	16,8	14,7
6M	0,5	27,1	24,0	20,8	19,3	18,3	16,4	14,6
9M	0,8	27,3	24,1	20,9	19,3	18,2	16,2	14,2
1Y	1,0	26,5	23,5	20,4	18,9	17,8	15,6	13,5
2Y	2,0	25,4	22,9	20,4	19,2	18,6	17,4	16,2
3Y	3,0	25,8	23,8	21,8	20,8	20,5	19,9	19,2
4Y	4,0	25,0	23,5	21,9	21,2	21,0	20,7	20,3
5Y	5,0	22,5	22,2	21,8	21,6	21,5	21,2	21,0

Y podemos observar para un cierto vencimiento el comentado Smile:



Podemos observar como lo que originariamente se llamó Smile de volatilidad, en referencia a que el gráfico parece una sonrisa, es pierde esa pendiente positiva para las opciones de Strike muy superior a Spot, por lo que se habla más de la "mueca de volatilidad".

Siempre que intentemos valorar un activo deberemos recurrir no sólo a la volatilidad implícita sino que debemos ajustarla a su vencimiento y strike, debido básicamente a que se producen diferencias significativas, entre la volatilidad implícita al vencimiento y strike ajustados a la opción y los diferentes modelos de volatilidades históricas.



Observemos como la Implícita cotiza sistemáticamente por encima la histórica y como se dispara a finales de mayo, coincidiendo con las caídas fuertes del Ibex y el correspondiente aumento del nerviosismo, la histórica también lo recoge pero de una forma mucho más suave. En momentos de máximo nerviosismo, como este, la implícita puede superar notablemente la máxima histórica.

5.2.2- Correlaciones.

El cálculo de la correlación es un factor determinante en la valoración de los activos financieros de subyacente múltiple. La correlación se calcula mediante series históricas de rendimiento ajustadas al plazo de vencimiento del activo que queremos valorar.

$$Corr(x_1; x_2) = \frac{Cov(x_1; x_2)}{\sigma_{x_1} \cdot \sigma_{x_2}}$$

Del mismo modo que con la volatilidad histórica se pueden ajustar diferentes modelos, sin embargo en términos de correlación se acostumbra a calcular con la actual, dejando los otros modelos para hacer pruebas de sensibilidad.

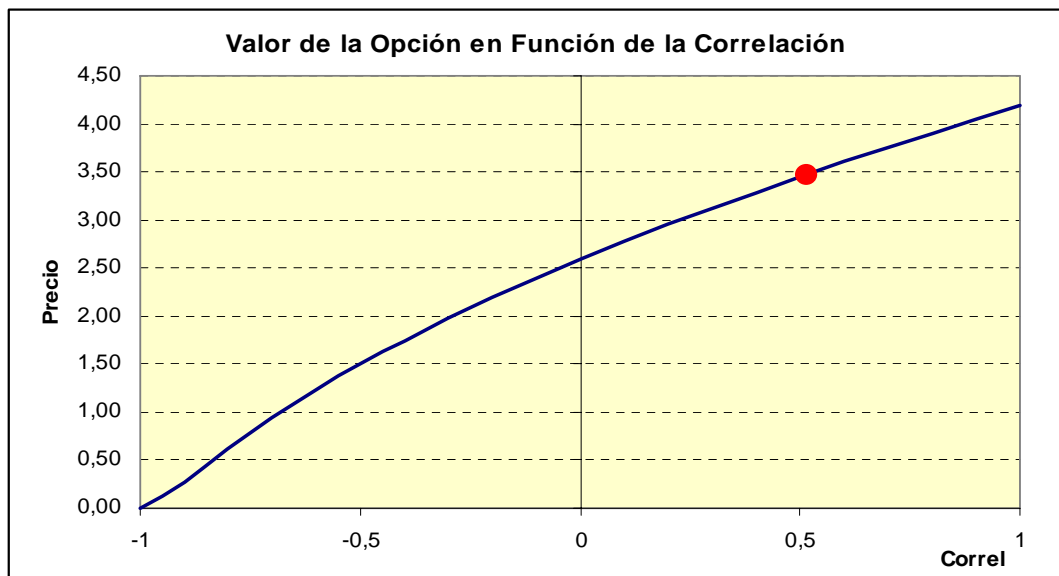
Para entender hasta que punto es de significativo este valor pongamos un ejemplo de opción exótica de subyacente múltiple muy sencilla. Supongamos que compramos una opción call cuyo subyacente son Telefónica y Santander con igual ponderación.

Los datos de la opción serían los siguientes:

06/06/2006	SPOT	STRIKE	VOLA
TEF SM Equity	12,72	13,36	18,75%
SAN SM Equity	10,90	11,45	21,12%
Vencimiento	6 Meses	0,5	en años
Tipo Libre	6 Meses	3,147%	Euribor 6M

La correlación actual calculada contra la serie histórica sería 51,47% y por tanto el precio de la opción sería: 3,47% sobre el nominal emitido.

Veamos en el gráfico como la diferente valoración de la correlación nos da precios muy diferentes para esta opción.



5.2.3.- Metodología de Montecarlo.

La metodología de Montecarlo no es exclusiva del mundo financiero, esta metodología basada en la simulación de los procesos empíricos se utilizan en distintos campos de la ciencia como la astronomía y la meteorología entre otros. Es la mejor alternativa al cálculo analítico que, o bien por dificultad del modelo o bien por imposibilidad material de construir una fórmula analítica, no es conveniente utilizar.

En este punto de la tesis nos proponemos la construcción de un Simulador de Montecarlo, con los inputs de mercado que hemos tratado en los puntos anteriores.

Primero de todo definamos la evolución del subyacente a través del tiempo. Debido a las teorías de arbitraje tenemos que el valor esperado de un precio cuando se produce una variación de tiempo dt o Δt es:

$$S_1 = S_0 + \Delta S = S \cdot e^{\left[\left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right)dt + \sigma \cdot dz\right]}$$

Donde dz es un Proceso de Weiner, es decir, es una variable aleatoria con distribución normal, esperanza cero y varianza raíz del tiempo. Por tanto si definimos ε como un número aleatorio que sigue una distribución normal estándar tenemos que la fórmula anterior se transforma en:

$$S_1 = S_0 + \Delta S = S \cdot e^{\left[\left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right)dt + \sigma \cdot \varepsilon_t \cdot \sqrt{\Delta t}\right]}$$

Notemos también que μ es igual al tipo libre de riesgo menos el cost of carry, es decir el efecto dividendo hasta el siguiente paso.

En un proceso de Montecarlo existe un punto al que a menudo se presta demasiada atención y sin embargo es crucial, se trata del simulador de números aleatorios, es decir, el proceso de generar los diferentes ε para cada uno de los pasos y cada una de las simulaciones. El término filosófico de la palabra aleatorio es inútil a nivel práctico, pues el mero hecho de construir un algoritmo de generación de números aleatorios contradice la definición más filosófica del término aleatorio, por tanto tenemos que encontrar otra forma de "medir la aleatoriedad" de estos números. La definición matemática de una serie de números aleatorios es más laxa, pues considera aleatoria cualquier serie numérica que supere

un test de aleatoriedad. Existen diversos test de menos a más difíciles de superar, conviene que nuestra generación de números supere unos test mínimos de aleatoriedad. A nivel anecdótico existe la posibilidad de comprar números aleatorios, que no son nada baratos, que superen test de diversa dificultad.

Otra dificultad añadida es que la mayoría de generadores de números aleatorios tienen una Distribución Uniforme entre 0 y 1. Sin embargo esto se soluciona fácilmente con un algoritmo de transformación de distribución uniforme en distribución normal estándar. Por ejemplo el de Box Muller donde partiendo de dos números uniformes u y v , obtenemos uno con distribución normal estándar.

$$z = \cos(2\pi u) \cdot \sqrt{-2 \cdot \ln(r)}$$

Habiendo superado la dificultad técnica de los números aleatorios pongamos el ejemplo de un pseudo código para el cálculo de una Opción Europea.

$$dt = T/nsteps \quad drift = \left(b - \frac{v^2}{2}\right) \cdot dt \quad vSq = v \cdot \sqrt{dt}$$

For $i = 1$ to $nSimulations$

$St = S$

For $j = 1$ to $nSteps$

$St = St \cdot \exp(drift + vSq \cdot \epsilon)$

Next j

$sum = sum + \text{Max}((St - X), 0)$

Next i

$\text{MonteCarloPlainCall} = \text{Exp}(-r \cdot T) \cdot \left(\text{Sum} / nSimulations\right)$

Se observan diversas cosas importantes. El primero es que debemos escoger un número de simulaciones significativas para que el método converja, en general cualquier "método de montecarlo financiero" debe tener un número de simulaciones nunca menor a 10.000, viéndose el máximo nivel de eficiencia entorno al 100.000. El segundo es que este método cambiando detalles nos sirve para valorar cualquier opción ejemplo una opción call asiática, que una opción relativamente complicada se valora exactamente igual combinando simplemente 3 líneas.

$$dt = T/nsteps \quad drift = \left(b - \frac{v^2}{2}\right) \cdot dt \quad vS_q = v \cdot \sqrt{dt}$$

For $i = 1$ to $nSimulations$

$$St = S \quad Asian = 0$$

For $j = 1$ to $nSteps$

$$St = St \cdot \exp(drift + vS_q \cdot \varepsilon)$$

$$Asian = Asian + St$$

Next j

$$sum = sum + \text{Max}\left(\left(\frac{Asian}{nSteps} - X\right), 0\right)$$

Next i

$$\text{MonteCarloPlainCall} = \text{Exp}(-r \cdot T) \cdot \left(\frac{Sum}{nSimulations}\right)$$

En el caso de subyacentes múltiples añadiremos dos nuevas complicaciones al modelo, la primera es tener que simular dos subyacentes y la segunda es que estas simulaciones estén correctamente correlacionadas.

El tener que hacer dos simulaciones no es problema pues se trata simplemente de ajustar la volatilidad correspondiente a cada nombre. Para el segundo caso y construidos los generados dos números aleatorios incorrelacionados, les aplicaremos la correlación correspondiente del siguiente modo:

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_1 \quad y \quad \varepsilon_2 = \varepsilon_1 \cdot \rho + \varepsilon_2 \cdot \sqrt{1 - \rho^2}$$

Para casos de n activos en el subyacente se puede generalizar el proceso, de manera que una vez calculada la matriz de correlaciones se aplica un proceso matemático conocido como proceso de Tcholeski, de modo que los números aleatorios correlacionados son el producto de la matriz de Tcholeski y el vector de números no correlacionados.

$$\begin{pmatrix} \hat{\varepsilon}_1 & \hat{\varepsilon}_2 & \dots & \hat{\varepsilon}_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ m12 & m22 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & 0 \\ m1n & m2n & \dots & mnn \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \dots \\ \varepsilon_n \end{pmatrix}$$

Pongamos por último un ejemplo de código de una opción europeo sobre una cesta de dos subyacentes:

```

dt = T/nsteps      drift = (b - v2/2) · dt      vSq = v · √dt
drift1 = (b - v2/2) · dt      vSq1 = v · √dt
For i = 1 to nSimulations
  St = S   St1 = S1
  For j = 1 to nSteps
    St = St · exp(drift + vSq · ê1)
    St1 = St1 · exp(drift1 + vSq1 · ê2)   con (ê1 ê2) = Choleski · (ε1 ε2)
  Next j
  sum = sum + Max( ( (1/2)(St - X) + (1/2)(St1 - X1) ), 0 )
Next i
MonteCarloBasketCall = Exp(-r · T) · (Sum/nSimulations)

```

6.- Bibliografía

- IAS 32 / 39
- Circular 4/2004 de BdE de 22 de Diciembre
- Amat, Oriol; Perramon, Jordi. "Normas Internacionales de Contabilidad". Barcelona: Gestión 2000, 2005
- Gaarder Haug. The Complete Guide to Option Pricing Formulas by Espen.
- John C. Hull. Options, Futures and Other Derivative (4th Edition).
- Interest-Rate Option Models by Riccardo Rebonato.
- The Complete Guide to Option Pricing Formulas by Espen Gaarder Haug.
- Stable Paretian Models in Finance by Rachev and Mitnik.