



Monografías de Juan Mascareñas sobre Finanzas Corporativas

ISSN: 1988-1878

La gestión pasiva de las carteras de renta fija



La gestión pasiva de las carteras de renta fija

© *Juan Mascareñas*

Universidad Complutense de Madrid

Versión inicial: mayo 1991 - Última versión: **noviembre 06**

- *Introducción a la gestión pasiva, 2*
- *La indexación de carteras, 3*
- *La inmunización, 12*
- *La inmunización contingente, 26*
- *La correspondencia entre flujos de tesorería, 29*



1. Introducción a la gestión pasiva

Las estrategias pasivas se utilizan cuando se supone que el mercado es eficiente en su forma intermedia, es decir, cuando los precios de los activos reflejan toda la información hecha pública; esto implica que los inversores que están de acuerdo con esta suposición consideran una pérdida de tiempo y de dinero la predicción de los tipos de interés futuros.

Concretando, los gestores de tipo pasivo creen que los intentos de seleccionar los títulos (averiguar cuáles están infravalorados, o sobrevalorados, en el mercado) y los plazos del mercado (comprar bonos a largo plazo cuando se espera una caída de los tipos de interés o adquirirlos a corto cuando se espera un ascenso de los mismos) serán totalmente inútiles de cara a la obtención de un rendimiento que supere al promedio de las carteras de renta fija. Consecuentemente, estos inversores seleccionarán un grupo bien diversificado de títulos que cumplan con las especificaciones de riesgo que ellos (o sus clientes, si trabajan por cuenta ajena) desean, lo que les hará mantenerlos en su poder durante un tiempo bastante grande de cara a minimizar sus costes de transacción.

Los estudios¹ realizados en el mercado americano de bonos (el más desarrollado del mundo) han dado como resultado una eficiencia que se aproxima mucho a la denominada "intermedia", pero se detectan algunos inversores que en ciertos momentos pueden calcular con gran exactitud los tipos de interés futuros. Por ello, siguen coexistiendo los tipos de inversores pasivos y activos.

En este tipo de estrategias, a diferencia de lo que ocurre con las de tipo activo, la maximización del rendimiento se supedita a otros requisitos impuestos por el cliente. De tal forma que la capacidad de satisfacer objetivos de inversión alternativos es la medida para la gestión pasiva.

Entre las estrategias pasivas podemos destacar las siguientes:

- a) La *indexación* (analizada en el epígrafe 2), consiste en replicar el comportamiento de un índice del mercado de bonos que actúa como referencia.
- b) La *estrategia de comprar y mantener*, que consiste en adquirir los activos y mantenerlos hasta su vencimiento procurando evitar su riesgo de insolvencia e intentando que sus rendimiento hasta el vencimiento sea el mayor posible.
- c) La *inmunización* (analizada en el epígrafe 3), que consiste en crear una cartera de renta fija que tiene asegurado un rendimiento a lo largo de un horizonte temporal definido. Una variante de esta estrategia es la *inmunización contingente* que es una forma híbrida de gestión activa y pasiva (analizada en el epígrafe 4)
- d) La *correspondencia entre flujos de caja* (analizada en el epígrafe 5), que es una cartera que tiene una estructura diseñada para financiar

¹ Sobre la eficiencia del mercado de bonos véase por ejemplo SHARPE, W.; ALEXANDER, G.; y BAILEY, J.: *Investments*. Prentice Hall. Englewood Cliffs (NJ). 1995. Págs: 463-465 donde se hace referencia a multitud de estudios y análisis sobre la eficiencia del mercado norteamericano de renta fija.



una serie de pagos a través del rendimiento y del valor de los activos que la componen.

2. La indexación de carteras

Esta estrategia pasiva consiste en diseñar una cartera de bonos de tal manera que su comportamiento (utilizando como medida el rendimiento total conseguido a lo largo del horizonte de inversión) replique al de un índice formado única y exclusivamente por activos financieros de renta fija.

La razón de su existencia radica, primeramente, en que muy pocas carteras de renta fija han obtenido mejores resultados que dichos índices (por ejemplo, en 1989 el 75% de los fondos de renta fija norteamericanos gestionados utilizando estrategias activas consiguieron peores resultados que el *Salomon Brothers Investment Grade Index*), lo que ha animado a numerosos fondos de pensiones a indiciar sus activos. Una segunda razón estriba en que los costes de gestión existentes en las carteras indexadas son menores que si ellas se gestionan de forma activa (por ejemplo, para el mercado americano los costes de gestión para las carteras activas oscilan entre 15 y 50 puntos básicos, mientras que para las indexadas lo hacen entre 1 y 20 puntos básicos). Un tercer motivo, es que otros costes de transacción como, por ejemplo, los de custodia son inferiores en este tipo de estrategia. Por último, los patrocinadores de los fondos tienen un mayor control sobre los gestores de las carteras cuando se utiliza la indexación como estrategia.

En cuanto a las críticas, algunas señalan que el propio comportamiento y resultados obtenidos por el índice a replicar no tiene porqué ser el óptimo. Además, el replicar un índice no implica que el gerente satisfaga los requerimientos de rendimiento-riesgo solicitados por el cliente, puesto que la indexación sólo reduce la probabilidad de que la cartera obtenga unos resultados peores que los del índice que replica; es decir, el rendimiento del índice no está relacionado con las obligaciones contraídas por el patrocinador de la cartera. Por último, la acción de replicar un índice implica restringirse a operar en los sectores del mercado de bonos que en él aparecen, incluso aunque surjan oportunidades interesantes en otros sectores. Otras limitaciones de esta estrategia pasiva que se deben tener en cuenta a la hora de aplicarla son las siguientes:

- a) La dificultad de realizar una réplica exacta del índice.
- b) El reajuste y la reinversión pueden ser costosos y llevar bastante tiempo.
- c) Estructurar una cartera indexada puede resultar caro si el índice elegido incorpora una gran cantidad de títulos distintos, con diferentes calificaciones de riesgo, diferentes cupones, etc. Cuanto más pequeño sea el tamaño de la cartera (en euros) mayor será el coste de su ajuste inicial.



- d) Los requerimientos cuantitativos de una cartera de bonos indexada pueden resultar muy caros, debido a que los reajustes pueden ser muy complejos.
- e) Aunque la correspondencia entre las *duraciones* de la cartera y del índice se mantengan pueden surgir diferencias entre su *convexidad* debido a los diferentes grados de riesgo de amortización anticipada y de las distribuciones de los flujos de tesorería.

Un gestor de fondos de renta fija que desea indexar una cartera deberá primeramente determinar qué índice desea replicar. Uno de los factores a tener en cuenta es la tolerancia que el inversor tenga al riesgo. Por ejemplo, los índices que incorporan bonos empresariales y que, por tanto, corren un riesgo de insolvencia deberán ser evitados si el inversor considera dicho riesgo inaceptable. Otro factor a tener en cuenta es el objetivo perseguido por el inversor, medido éste por el binomio rendimiento total-riesgo (téngase en cuenta que la variabilidad del rendimiento total puede no ser simétrica en cuanto a las oscilaciones del mercado).

En el mercado financiero norteamericano hay una gran cantidad de índices de renta fija que se agrupan en dos categorías. Por un lado están los índices de tipo general (Lehman Brothers Aggregate Index, Salomon Brothers Investment Grade Bond Index, Merrill Lynch Domestic Market Index, etc. -véase la tabla 1-), que incorporan emisiones del Tesoro, emisiones empresariales de buena calificación, emisiones con garantía hipotecaria y emisiones del tipo *yankee*². Por otro lado, están los índices especializados que se ciñen sólo a un sector del mercado de bonos (Morgan Stanley Actively Traded MBS Index, Donaldson Lufkin & Jenrette High Yield Index, First Boston High Yield Index, AFI³, etc.). Existe un tercer tipo de índice al que podemos denominar "referencia del cliente" (*customized benchmark*), que es un índice de referencia diseñado para cumplir una serie de requerimientos y objetivos a largo plazo especificados por un tipo de cliente determinado (por ejemplo, los fondos de pensiones).

Índices de Renta Fija Shearson Lehman Hutton	Duración Macaulay	Duración efectiva
1-3 años Government Bond Index	1,75	1,75
Intermediate Gov./Corp. Bond Index	3,35	3,27
Government/Corp. Bond Index	5,15	4,77
Long-Term Treasury Bond Index	9,37	9,14

Tabla 1 Los índices de renta fija de Shearson Lehman Hutton (1/Ene/1989)

² Estas son emisiones denominadas en dólares americanos realizadas en los Estados Unidos por prestatarios extranjeros.

³ Sobre los índices AFI y del Banco de España véase el apéndice A



Deuda Española - Resumen								
14-nov-06								
	índices			variación				duración
	precio	total	diaria	mes ant.	anual ac.	Asset Swap	TIR	
fecha: 13-nov-06								
repos 1 día	149.714	0.027%	0.118%	2.382%			3.280	0.008
letras 1 año	156.875	0.030%	0.185%	2.081%			3.670	0.929
índice FIAMM	153.262	0.028%	0.151%	2.232%				0.468
índice FIM	181.359	0.010%	0.132%	1.591%				2.500
fecha: 14-nov-06								
Total deuda	129.261	226.575	0.189%	0.279%	0.334%	-19	3.766	6.907
Zona 3 años	105.487	183.127	0.069%	0.138%	1.226%	-19	3.650	2.544
Zona 5 años	122.109	211.091	0.128%	0.247%	0.861%	-19	3.674	4.273
Zona 10 años	143.487	253.572	0.192%	0.359%	0.557%	-20	3.713	7.322
Zona 15 años	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zona 30 años	145.030	210.109	0.452%	0.315%	-1.069%	-17	3.894	16.190

todos en base 29 de diciembre de 1995, salvo índice 30 años, 30 de enero de 1998.

Tabla 2 Índices AFI de Deuda Pública española

La *duración* de una cartera de renta fija deberá hacerse corresponder con la del índice elegido (véase las tablas 2 y 3) pero, a diferencia de la *inmunización* (véase el epígrafe 3), éste es móvil. Es decir, el índice está continuamente incluyendo y excluyendo emisiones con objeto de ajustarlo al criterio deseado por las personas que lo elaboran, mientras que los pagos a realizar por el inversor cada vez van siendo menores hasta desaparecer.

Deuda Española - Composición				
3 años	5 años	10 años	15 años	30 años
B-3.60	O-3.25	O-4.20		O-5.75
O-5.15	O-5.40	O-4.75		O-4.20
O-4.00	O-5.00	O-4.40		
		O-3.15		
		O-3.80		
		O-5.50		

[B: bonos; O: obligaciones]

Tabla 3 Composición del Índice AFI de Deuda Pública española (14-nov-06)

Además de establecer la correspondencia entre las *duraciones*, la indexación de bonos intenta hacer corresponder otros tipos de riesgos como, por ejemplo, la distribución de los vencimientos, la distribución de las *duraciones*, la distribución de las emisiones del sector, la calidad de las mismas, la distribución de los diversos cupones, y el riesgo de amortización anticipada y de crédito del índice subyacente.



Deuda Española - Cartera recomendada

	Estructura benchmark (1)	Estructura c. Ideal	% Sobre el total
A corto plazo (2)	68.4%	71.0%	71.0%
A M/L plazo (3)	31.6%	29.0%	
Zona 3 años		34.0%	9.9%
Zona 5 años		21.0%	6.1%
Zona 10 años		31.0%	9.0%
Zona 15 años		0.0%	0.0%
Zona 30 años		14.0%	4.1%
Cartera total	100%	100%	100%
Duración media	2.50	2.16	

(1) Índice AFI tipo FIM (duración: 2,5 años).

(2) Índice AFI del mercado monetario (duración: 0,5 años).

(3) Índice AFI de deuda a medio y largo plazo.

Tabla 4 Cartera recomendada de los índices AFI de Deuda Pública (14-nov-06)

2.1 Metodología de la indexación.

Como ya ha debido quedar claro a lo largo de los párrafos anteriores, la indexación de una cartera consiste en conseguir que los rendimientos de ésta última repliquen lo más exactamente posible a los del índice subyacente elegido. Por tanto, se denomina *error de seguimiento* (*tracking error*) a cualquier discrepancia que surja entre el comportamiento de la cartera indexada y el del índice a replicar (ver figura 1). Este error puede surgir debido a tres causas:

- los costes de transacción implicados en la construcción de la cartera
- las diferencias habidas en la composición de la cartera con relación a la del propio índice
- las discrepancias entre los precios utilizados por la organización que diseña el índice y los precios efectivamente pagados por el constructor de la cartera indexada.

Una forma aproximada de construir una cartera indexada consiste en adquirir todos los activos incluidos en el índice de acuerdo a su ponderación en el mismo. Claro que este método produce errores de seguimiento debido a los costes de transacción asociados con la adquisición de los activos (algunos índices tienen varios miles de activos) así como con la reinversión de los flujos de caja (intereses y amortización del principal). Por ello, en lugar de adquirir todos los activos que componen el índice, el gestor de la cartera podría adquirir una muestra de los mismos lo que reduce el error de seguimiento debido a los costes de transacción, pero lo aumenta en cuanto que la cartera ya no es una réplica exacta del índice.



PERFORMANCE VS BENCHMARK

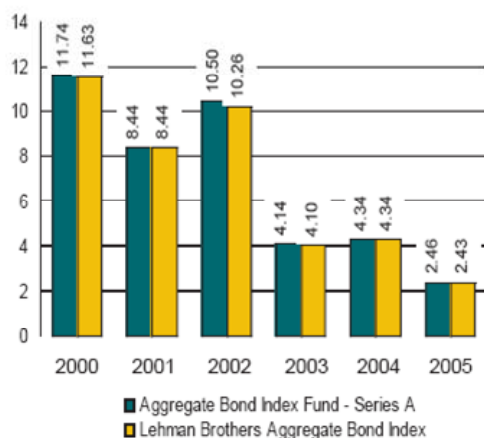


Fig 1 The LaSalle Aggregate Bond Index Fund - Error de seguimiento

PERFORMANCE AS OF 12/31/05

ANNUALIZED TOTAL RETURN	AGGREGATE BOND INDEX FUND SERIES A	LEHMAN BROTHERS AGGREGATE BOND INDEX
Q4 2005	0.60%	0.60%
YTD	2.46%	2.43%
1 Year	2.46%	2.43%
3 Year	3.64%	3.62%
5 Year	5.93%	5.87%
10 Year	N/A	6.16%
Since Inception †	6.19%	6.12%

† Inception Date: November 1997

Esto último nos muestra la existencia de dos variables que causan errores de seguimiento y que son de signo opuesto, puesto que cuantos más activos compongan la cartera mayor será la importancia de los costes de transacción en la formación de los errores de seguimiento; mientras que si hay pocos activos en la cartera los errores de seguimiento se producirán principalmente por la diferencia entre los activos componentes de la cartera y los del índice, siendo menos importante la incidencia de los costes de transacción.

Así que el problema consiste en hacer que una cartera indexada sea diseñada y mantenida de tal manera que replique al índice en cuestión de la mejor forma posible en las condiciones operativas actuales. Las condiciones básicas para llevar a cabo una estrategia factible son las siguientes:

- a) La cartera no deberá contener más allá de un número dado de activos (50, por ejemplo).
- b) La cartera no deberá ser reequilibrada por períodos inferiores al mes
- c) Cualquier cobro que surja de la posesión de la cartera (cupones, amortizaciones, etc.) sólo deberá ser reinvertido en las fechas elegidas para reequilibrar la cartera o en otras fechas previamente señaladas; mientras tanto deberá permanecer líquido.
- d) Se establecerá un valor nominal mínimo para adquirir nuevos activos o para venderlos (por ejemplo, 100.000 euros).
- e) Todas las compras o ventas de activos se realizarán por lotes completos de un tamaño dado (por ejemplo, 10.000 euros de valor nominal)
- f) Los costes de transacción se deberán incluir en el cálculo del rendimiento de la cartera

Además de estos seis puntos, deberemos conseguir que la cartera sea lo suficientemente flexible como para implicar al gestor de la misma en la elección de sus activos componentes. También, es deseable disponer de un algoritmo cuantitativo que determine exactamente la cantidad poseída de cada activo se-



leccionado para componer la cartera, así como las transacciones necesarias para el mantenimiento de la misma.

Con arreglo a lo anteriormente comentado, hay tres formas de diseñar una cartera indexada: a) la muestra estratificada; b) la optimización; y c) la minimización de la varianza. Cada enfoque asume que el comportamiento de un bono individual depende de un número de factores sistemáticos que afectan al comportamiento de la totalidad de los bonos además de la existencia de un factor específico que sólo afecta a cada bono en particular y cuyo riesgo es diversificable. Por tanto, el objetivo perseguido por los tres enfoques consiste en construir una cartera indexada que elimine el riesgo diversificable.

2.1.1 El enfoque de la muestra estratificada

Se denomina *enfoque de la muestra estratificada* (*stratified sampling or cellular approach*) cuando el índice es dividido en celdas que representan diversas características del mismo como, por ejemplo: la *duración*, el cupón, el plazo, el sector del mercado, la calificación del riesgo de insolvencia, las provisiones de amortización anticipada, la existencia de fondos de amortización, la convexidad etc.

Un ejemplo de este enfoque aparece en la tabla 5. Primeramente deberemos segmentar el mercado en diversos estratos; así, por ejemplo, en dicha tabla se ha realizado esta clasificación según el plazo y el emisor pero también podríamos haberla hecho según el tipo de interés del cupón o la calificación de los bonos, etc. Los bonos que se encuentran en cada celda se consideran razonablemente homogéneos. A continuación, calcularemos los porcentajes de los bonos que, estando incluidos en el índice que va a ser replicado, se encuentran en cada celda de la tabla tal y como hemos hecho con algunas de ellas. Por último, el gestor establece una cartera de bonos con una representación para cada celda idéntica al porcentaje que cada una tiene en la totalidad de los bonos. Así, las características de la cartera en términos de vencimiento, tipo de interés del cupón, calificación, representación industrial, etc., replicarán las características del índice y, por tanto, los resultados de la cartera también serán semejantes a los obtenidos por el índice.

Vencimiento	Tesoro	Hipotecas	Industrial	Financieras	Servicios	Eurobonos
< 1 año	12,1%					
1-3 años	5,4%					
3-5 años		4,1%				
5-7 años						
7-10 años						7,5%
10-15 años						
15-30 años		9,2%			3,4%	
> 30 años						

Tabla 5 Estratificación de los bonos en celdas

Veamos otro ejemplo, supongamos que seleccionamos las siguientes características de un índice de renta fija compuesto por emisiones del Estado, de las



Comunidades Autónomas y Ayuntamientos, y por bonos empresariales con garantía del Estado (ICO, Endesa, etc.):

- 1ª. la *duración* podrá ser: a) ≤ 5 años y b) > 5 años
- 2ª. el plazo podrá ser: a) < 5 años; b) entre 5 y 10 años; y c) ≥ 10 años
- 3ª. el emisor: a) el Estado; b) Comunidades Autónomas; c) Ayuntamientos; y d) empresas con respaldo del Estado.

Como se comprenderá fácilmente el total de celdas será de $2 \times 3 \times 4 = 24$. Seguidamente, seleccionaremos entre todos los activos que componen el índice una o más emisiones representativas de cada celda. La cantidad en euros invertida en la adquisición de las diversas emisiones dependerá del porcentaje que cada celda represente con relación al valor de mercado del índice. Así, si el 70% del valor de mercado del índice lo componen bonos emitidos por el Estado, entonces el 70% del valor de mercado de la cartera indexada deberá estar formado por dichos bonos.

Como parece lógico el número de celdas a utilizar estará en función del dinero disponible para componer la cartera indexada. Si este es pequeño necesitaremos pocas celdas puesto que muchas implicarán grandes costes de transacción al tener que adquirir pequeñas cantidades de una gran variedad de emisiones; claro que con pocas celdas se incurre en errores de seguimiento debidos a la diferencia de composición del índice y de la cartera.

Entre las ventajas de la muestra estratificada podemos destacar: a) la incorporación del juicio del gestor de la cartera para mejorarla, y b) esta metodología incorpora factores del mundo real como infra/sobrevaloraciones, iliquidez y problemas crediticios. Pero también tiene sus inconvenientes: a) no genera una cartera óptima (en cuanto a la combinación de rendimiento, convexidad o minimización de la varianza) cuando hay una gran cantidad de bonos implicados, y b) requiere una experiencia significativa en inversiones e investigación. A pesar de los inconvenientes las ventajas son evidentes.

2.1.2 El enfoque de la optimización

A través de este enfoque se persigue diseñar una cartera indexada que, además, de igualar los resultados del enfoque estratificado descrito anteriormente, satisfaga otras restricciones y optimice alguno de los objetivos señalados. Entre éstos últimos, podemos señalar, por ejemplo, la maximización del rendimiento de la cartera, la maximización de la *convexidad*, o la maximización de los rendimientos totales esperados. En cuanto a las restricciones, además de las señaladas en el enfoque estratificado, podemos mencionar la adquisición de activos de un único emisor más allá de un determinado porcentaje, o darle más importancia a una serie de sectores especificados, etc.

La metodología a aplicar tanto en este enfoque como en el próximo puede describirse en tres pasos:

- 1º. Definir las clases en las que se subdivide el índice elegido. El número de éstas deberá coincidir con el número de activos que se desea



mantener en la cartera. Por ejemplo, los activos que componen el índice podrían clasificarse por sector, calificación, plazo, y tamaño del cupón; de esta manera se consigue que todas las clases mantengan una cierta homogeneidad.

- 2º. Seleccionar los activos. Tanto en el momento inicial, como en el instante de reequilibrar la cartera (mensualmente, por ejemplo), se elegirá un activo de cada una de las clases para su inclusión en la cartera indexada. El proceso de selección dependerá del gestor de la cartera aunque bien podría elegir aquellos activos más infravalorados.
- 3º. Determinar la cantidad de cada activo que se va a mantener en la cartera indexada. Esto se realizará mediante un proceso de programación matemática ya sea programación lineal (si la función objetivo a optimizar es lineal) o programación cuadrática (si la función objetivo así lo fuese). En este proceso actuarán como restricciones: a) el que la *duración* de la cartera será igual a la del índice; y b) el que se cumplan otra serie de características. La función objetivo, en el caso de la programación cuadrática, consistirá en minimizar la suma de los cuadrados de las diferencias entre las ponderaciones relativas en la cartera y las ponderaciones en las clases. Una vez obtenida la solución, ésta podrá ser redondeada para satisfacer las recomendaciones dadas anteriormente sobre cómo construir una cartera indexada.

Entre las ventajas del enfoque de la optimización podemos destacar: a) es un método eficiente para encontrar la cartera óptima con el mayor rendimiento, y b) puede ser implantado por analistas con poca experiencia. Pero también tiene sus inconvenientes: a) es muy vulnerable a los "malos datos" y malas valoraciones, b) puede incorporar activos ilíquidos (por ejemplo, un índice del tipo Lehman Brothers Aggregated Index dispone de 5.800 activos muchos de los cuales tienen un alto grado de iliquidez), y c) requiere una vigilancia humana significativa obligando a sustituir los bonos mal valorados o ilíquidos (los procesos de cambiar los precios y re-ejecución de los programas puede demorar mucho el resultado final); de tal manera que las ventajas teóricas que posee se ven contrarrestadas por sus inconvenientes.

2.1.3 El enfoque de la minimización de la varianza

Este enfoque requiere el uso de una serie histórica de datos con objeto de estimar el error de seguimiento, lo que se hace a través de la estimación estadística de una función del precio para cada emisión que forme parte del índice. Dicha función del precio se basa en dos series de factores: a) los flujos de caja de la emisión descontados a los tipos de interés de contado; y b) otros factores tales como la *duración* o las propias características del sector al que pertenece la emisión.

Una vez que se ha obtenido la función del precio para cada emisión, se puede construir una ecuación de la varianza del error de seguimiento. Seguidamente, minimizaremos dicha varianza al construir la cartera indexada, que es el objetivo perseguido por este enfoque. Será necesario utilizar la programación



cuadrática para conseguir la cartera indexada óptima que minimiza el error de seguimiento, debido a que la diferencia entre el rendimiento de la cartera de referencia y el de la cartera indexada está elevada al cuadrado (como, por otra parte, ya comentamos en el enfoque de la optimización).

El principal problema con este enfoque radica en que la estimación de la función del precio a través de una serie histórica de datos es muy difícil en el propio mercado de las emisiones del Estado y eso sin contar con el mercado de las emisiones empresariales o con el mercado de nuevas emisiones. Esto último, unido a que dicha función del precio puede no ser estable, hacen de este enfoque el más complejo de los tres analizados.

Entre las ventajas del enfoque de la minimización de la varianza podemos destacar: a) es un método eficiente para minimizar el error de seguimiento de la cartera y b) puede ser implantado por analistas con poca experiencia. En cuanto a sus inconvenientes: a) es muy vulnerable a los "malos datos" y malas valoraciones (las sustituciones y recalibraciones son muy tediosas porque no es fácil discernir el papel relativo que un activo puede jugar en la matriz con respecto a diversos factores:; duración, convexidad, plazo, etc.), b) puede incorporar activos ilíquidos, y c) descansa sobre las relaciones históricas varianza/covarianza que pueden no mantenerse a lo largo del tiempo (en 1997, 1998 y 2002 las relaciones fueron las opuestas a lo habitual), además las matrices de varianzas-covarianzas son tediosas de ensamblar y mantener. Muy elegante desde el punto de vista teórico deja bastante que desear desde el de su puesta en práctica.

2.2 Complicaciones al diseñar una cartera indexada

Una de las complicaciones o problemas con las que se puede encontrar el diseñador de la cartera indexada estriba en que los precios de las emisiones utilizados por la organización que publica el índice no suelen coincidir con los precios disponibles para aquél. Además, los precios utilizados en el índice se basan en el precio *comprador*, mientras que los que tiene que utilizar el gestor de la cartera son precios *vendedor* porque son los que le van a aplicar a él. Esto introduce un sesgo entre los comportamientos de la cartera indexada y el índice que es igual al *diferencial comprador-vendedor*.

Otra de las complicaciones surge cuando hay emisiones dentro de la composición de un índice que son ilíquidas (sobre todo en el caso de los bonos empresariales), lo que hace que el precio de las mismas utilizado en el cálculo del índice no se aproxime ni de lejos al precio de mercado en el momento de construir la cartera indexada; y eso cuando es posible adquirir en el mercado dicha emisión, porque a veces ello es imposible.

Por último, es preciso recordar que el rendimiento total depende de la tasa de reinversión disponible para los cupones intermedios. Si la organización que publica el índice sobreestima dicha tasa, la cartera indexada podría conseguir un rendimiento total inferior al del índice en unos 10-15 puntos básicos anuales.



3. La inmunización

La *inmunización*⁴ es una técnica de gestión pasiva de carteras de renta fija, desarrollada a partir del concepto de *duración*, que permite a un inversor estar relativamente seguro de poder hacer frente a una determinada corriente de pagos en el futuro. De esta manera, una vez que la cartera ha sido formada, estará protegida de cualquier variación de los tipos de interés que pudiera resultarle perjudicial. Para ello se requiere que la *duración* de la cartera se corresponda con la *duración* media de los pagos futuros. Cambios paralelos en el rendimiento y reequilibrados periódicos de la cartera permiten una correspondencia entre la *duración* de los activos y la de los pagos lo que inmuniza a dicha cartera de variaciones posteriores de los tipos de interés.

3.1 El caso de un único pago en el futuro

Supongamos que dentro de cinco años usted debe realizar un único pago de un millón de euros, que el tipo de interés en la actualidad es del 8% sea cual sea el plazo al que se realiza la inversión (es decir, que la estructura temporal de los tipos de interés es plana). Con estos datos usted sabe que el valor actual de esa cantidad de dinero es de 680.583 euros, es decir:

$$680.583 = \frac{1.000.000}{(1 + 0,08)^5}$$

Así que usted deberá invertir esos 680.583 euros durante cinco años para al final poder hacer frente al pago del millón de euros. A usted se le podría ocurrir invertirlos, por ejemplo, en una obligación del Estado a cinco años y que pagase un 8% de interés anual. Si dicho tipo de interés se mantuviese constante durante los próximos cinco años usted al final de dicho período obtendría el millón de euros. Pero si el tipo de interés descendiese en algún momento de la vida de la obligación, usted no podría reinvertir los cupones de la misma al 8% sino a un tipo inferior con lo que al final no obtendría la cantidad de dinero deseada. Así que usted deberá inmunizar su inversión.

La inmunización se realiza calculando la *duración* de los pagos a realizar, es decir, cinco años exactos puesto que se trata de un único pago de un millón de euros, e invirtiendo los 680.583 euros en una cartera de bonos que tenga la misma *duración*. La *duración* de una cartera de bonos es, prácticamente, igual a la media ponderada de las *duraciones* de las diversas emisiones que conforman la cartera⁵.

La cartera de bonos va a estar formada, por ejemplo, por dos tipos de emisiones que para mayor sencillez supondremos pagan sus cupones anualmen-

⁴ Fue F.M.Redington el primer especialista que acuñó y definió el término *inmunización* en su artículo "Review of the Principle of Life Office Valuations". *Journal Institute of Actuaries* nº 18. 1952. Págs.: 286-340

⁵ Realmente, la *duración* de una cartera no es exactamente la media ponderada de las *duraciones* de los bonos que la componen, si la ETTI no es plana, pero el error es pequeño y se gana en rapidez de cálculo si se hace así. La forma de calcular exactamente la *duración* de una cartera sería calcular la totalidad de los flujos de caja que se espera genere la misma y aplicar la fórmula de la *duración*.



te: a) bonos del Estado a tres años, al 8% de interés, cuya *duración* es de 2,78 años, b) obligaciones del Estado ya emitidas a las que les quedan 10 años de vida y que pagan un 7% de interés, cuyo precio actual es de 93,3 €/título y cuya *duración* es de 7,42 años. Para el cálculo de las *duraciones* anteriores se ha supuesto que la estructura temporal de los tipos de interés es plana y que es de un 8%.

Para calcular la parte de su inversión de 680.583 euros que deberá invertir en cada una de las alternativas anteriores con objeto de inmunizar su pago de un millón de euros dentro de cinco años, deberá resolver el siguiente sistema de ecuaciones que expresa como la *duración* de sus pagos deberá ser igual a la media ponderada de las *duraciones* de sus inversiones:

$$2,78 X_3 + 7,42 X_{10} = 5$$

$$X_3 + X_{10} = 1$$

donde X_3 indica la parte de la inversión que deberá realizarse en bonos del Estado a tres años, mientras que X_{10} muestra la parte a invertir en obligaciones del Estado a diez años. Si resolvemos el sistema de ecuaciones obtendremos que X_3 es igual a 0,52 y que X_{10} es igual a 0,48. Así pues, en bonos del Estado deberemos invertir 353.903 euros, mientras que en obligaciones colocaremos 326.680 euros.

Para demostrar cómo se inmuniza la inversión global de tal manera que obtengamos un millón de euros al final de los cinco años vamos a imaginarnos el siguiente escenario:

- a) Los cupones recibidos por los bonos u obligaciones se reinvertirán anualmente al tipo de interés que rija en el mercado en cada año hasta el momento en que tengamos que realizar el pago del millón de euros.
- b) El principal de los bonos del Estado, que nos será reembolsado al final del tercer año, también será reinvertido anualmente al tipo de interés que rija en el mercado hasta el final del quinto año.
- c) Para mayor comodidad, supondremos que el tipo de interés del quinto año se mantiene constante hasta el final del décimo. Por lo tanto, el precio intrínseco de las obligaciones del Estado en el momento del pago del millón de euros, se calculará actualizando los flujos de los cinco años que van desde el quinto hasta el décimo a la tasa de interés que rija en el quinto año.
- d) Supondremos que los tipos de interés que van a regir en el mercado durante los próximos diez años son los mostrados en la tabla 6 (recuérdese que suponemos que la estructura temporal es plana en cada momento del tiempo)



Años	1	2	3	4	5	6	7...10
Tipos de interés	8%	7,5%	7,0%	6,75%	6,5%	6,5%	6,5%

Tabla 6

Comencemos analizando la inversión en bonos del Estado. En la tabla 7 se muestra la reinversión de los cupones y del principal de los 353.903 euros (recuerde que el tipo de interés del bono del Estado es del 8%) hasta el quinto año. El resultado es de 506.000 euros. Fíjese que si los tipos de interés se hubiesen mantenido constantes al 8%, el valor final en el quinto año sería de 520.000 euros, así que de momento usted va perdiendo catorce mil euros.

Años	1	2	3	4	5
Flujos de caja	28.312	28.312	382.215		
Reinversión Flujo 1		30.435			
Reinversión Flujo 2		58.747	62.860		
Reinversión Flujo 3			445.075	475.118	
Reinversión Flujo 4					506.000

Tabla 7

El caso de las obligaciones del Estado es bastante semejante al anterior pero con alguna diferencia. Para empezar un título con un nominal de 100 euros está valorado en el mercado a 93,3 euros, así que si usted debe invertir 326.680 euros recibirá 3.501,4 títulos ($326.680 \div 93,3$) cuyo valor nominal total es de 350.140 euros. Como esta emisión paga un interés del 7%, cada año usted recibirá un cupón de 24.510 euros. Si ahora repite el cálculo de la tabla 7 pero con este último valor, al final del quinto año usted habrá obtenido en concepto de intereses un valor igual a 140.346 euros, tal y como se ve en la tabla 8.

Si los tipos de interés se hubiesen mantenido en el 8% anual usted habría recibido al final del quinto año en concepto de intereses 143.790 euros. Por lo tanto, usted ha perdido algo más de tres mil euros, que sumados a los catorce mil anteriores dan un pérdida de más de 17 mil euros. Concretando, la caída de los tipos de interés perjudica la reinversión de los cupones.



Años	1	2	3	4	5
Flujos de caja	24.510	24.510	24.510	24.510	24.510
Reinversión Flujo 1		$24.510 \times 1,075 = 26.348$ <hr/> 50.858			
Reinversión Flujo 2			$50.858 \times 1,07 = 54.418$ <hr/> 78.928		
Reinversión Flujo 3				$78.928 \times 1,0675 = 84.256$ <hr/> 108.766	
Reinversión Flujo 4					$108.766 \times 1,065 = 115.836$ <hr/> 140.346

Tabla 8

Veamos ahora cual es el precio de mercado de las obligaciones del Estado. Como hemos supuesto, el tipo de interés se mantendrá constante al 6,5% hasta el vencimiento de la misma, esto da un precio de mercado en el año quinto de 357.416 euros (no se olvide que al final de la vida de la obligación usted recibe además de los intereses el reembolso del principal cuyo valor nominal es de 350.140 euros)

$$\frac{24.510}{1,065} + \frac{24.510}{1,065^2} + \frac{24.510}{1,065^3} + \frac{24.510}{1,065^4} + \frac{374.650}{1,065^5} = \mathbf{357.416}$$

Si el tipo de interés hubiese sido del 8% el valor de sus obligaciones sería de 336.161 euros, es decir, 21.255 euros menos que lo que valen ahora. Esto significa que gracias al descenso de los tipos de interés ha aumentado el valor de la obligación, cuya vida excede de los cinco años, permitiéndole obtener una ganancia que sirve para contrarrestar las pérdidas habidas con la reinversión de los cupones. Así, usted tendrá el quinto año una cantidad de:

$$506.000 + 140.346 + 357.416 = 1.003.762 \text{ euros}$$

Así que al final usted tendrá 3.762 euros más de los que le van a hacer falta para realizar su pago. Esto es lo que ocurre con la inmunización. Si la estructura temporal de los tipos de interés hubiese sido ascendente, usted habría ganado en la reinversión de sus intereses y habría perdido en el precio de mercado de sus obligaciones, pero en el quinto año usted tendría un millón de euros o incluso más.

En la tabla 9 se muestran los resultados del caso que estamos analizando para diversos tipos de interés si éstos se hubiesen mantenido invariables a lo largo de los diez años del estudio. Hemos supuesto diversos tipos de interés desde el 5% hasta el 10% y se han calculado el valor de los intereses y principal de los



bonos del Estado en el quinto año, el valor de los intereses y el precio teórico de las obligaciones del Estado en dicho momento. Como se aprecia en dicha tabla siempre (para el 8% de interés la pérdida es mínima, achacable a errores de redondeo y al propio cálculo de la media ponderada de las *duraciones*) se consigue una cantidad algo superior al millón que se necesita, y cuanto más se aleje el tipo de interés del 12% actual, mayor será el beneficio.

Tipo de interés	Bono del Tesoro - 3a.	Int. Oblig. Tesoro-10a.	Precio de la Obligación	Total 5º año	Beneficio
5%	488.580	135.433	380.459	1.004.472	4.472
6%	498.920	138.165	364.890	1.001.975	1.975
7%	509.392	140.951	350.141	1.000.484	484
8%	520.000	143.790	336.161	999.951	-49
9%	530.739	146.685	322.902	1.000.326	326
10%	541.615	149.636	310.322	1.001.573	1.573

Tabla 9

Al tiempo formado por los cinco períodos anuales se le denomina *ventana de la duración*, que implica que cualquiera que sea el cambio en el rendimiento, tras cinco períodos anuales, el valor acumulado del fondo de inversión no caerá por debajo del umbral del millón de euros. Así, pues, el tiempo que se precisa para que la acumulación de la inversión a lo largo del mismo contrarreste cualquiera ganancia, o pérdida, de capital debida a un cambio en los rendimientos es exactamente igual a la *duración* inicial de la cartera.

Concretando, cuando la *duración* de la cartera es igual a la fecha del horizonte temporal del inversor, el valor acumulado de los fondos invertidos en dicha fecha no se verá afectado por las variaciones del tipo de interés. Para un horizonte igual a la *duración* de la cartera, el riesgo de interés (o riesgo de precio) y el riesgo de reinversión se cancelarán exactamente. Cuando los tipos de interés tienden a la baja, las pérdidas producidas por la reinversión de los cupones intermedios se contrarrestan con el aumento del valor de mercado de los títulos cuyo vencimiento excede del horizonte de planificación, ocurriendo exactamente al revés si los tipos de interés tienden al alza. Es decir, se produce una confrontación de dos fuerzas contrapuestas el riesgo de interés y el riesgo de reinversión que es lo que posibilita la inmunización.

Usted habrá podido comprobar que parece producirse un pequeño beneficio en la estrategia de inmunización si los tipos de interés no se mantienen constantes. Esto es un síntoma de que la cartera no está perfectamente inmunizada lo que es debido a dos motivos:

- a) el mero transcurso del tiempo hace variar las *duraciones* de los títulos integrantes de la cartera más lentamente que el vencimiento del pago a realizar (si el tipo de interés se mantiene en el 8% y ha transcurrido un año la *duración* del pago es de 4 años, mientras que la de la cartera es de 4,32 años)



- b) la alteración de los tipos de interés también hace variar la *duración* de los títulos componentes de la cartera, sobre todo si dicha variación es superior a 50 puntos básicos con respecto al tipo inicial.

El efecto combinado de ambas causas implica la necesidad de proceder a continuos reequilibrados de la cartera.

Piense lo que ocurriría si los tipos de interés se mantuviesen en el 7,5% desde el comienzo del segundo año hasta el final del cuarto año, ascendiendo al 10% a comienzos del quinto año y manteniéndose en esa cota desde ese momento hasta el final del décimo año tal y como muestra la tabla 10.

1	2	3	4	5	6...10
7,5%	7,5%	7,5%	7,5%	10%	10%

Tabla 10

Al final del quinto año, el bono del Estado le reportaría 514.679 euros, los intereses de la obligación serían de 142.364 euros y el precio de la misma sería de 310.322 euros, con lo que usted tendría únicamente 967.365 euros, es decir, una pérdida de más de 20.000 euros. ¿Qué ha ocurrido?. Pues que los bajos tipos de interés iniciales perjudicaban la reinversión de los intereses del bono y de la obligación, mientras que los altos tipos de interés finales perjudicaban el precio teórico de ésta última, así que usted sale perjudicado por partida doble.

En resumidas cuentas, lo comentado en el párrafo anterior ha sucedido porque su inversión ha dejado de ser inmune a la variación de los tipos de interés. Esto ha ocurrido porque al descender los tipos de interés el valor de la *duración* del bono del Estado ha aumentado, mientras que la elevación de los tipos de interés a partir del quinto año hace que la *duración* de la obligación descienda, lo que implica que la *duración* promedio sea diferente de los cinco años como debería. Para corregir esto, en el mismo momento que los tipos de interés cambien o según vaya transcurriendo el tiempo se deberán recalcular las *duraciones* y las cantidades a invertir en cada una de las diversas emisiones.

Cuando la estructura temporal de los tipos de interés no es plana, es muy difícil conseguir una perfecta inmunización simplemente buscando un bono con una *duración* de Macaulay idéntica a la del período en que se pretende mantenerle. Como es lógico, en el mundo real la estructura temporal de los tipos de interés no es plana y además cuando varía lo hace de forma no paralela. Esto hace que la inmunización no funcione todo lo bien que debería, sin embargo, y a pesar de que se han desarrollado fórmulas de la *duración* más complejas que la de Macaulay en un intento de hacer que la inmunización funcionase más correctamente, sigue siendo la expresión clásica la que hasta ahora consigue mejores resultados⁶.

⁶ Este análisis ha sido desarrollado por BIERWAG, Gerald; KAUFMAN, George; SCHWEITZER, Robert y TOEVS, Alden: "The Art of Risk Management in Bond Portfolios". *Journal of Portfolio Management*. Primavera. 1981. Págs.: 27-36



3.1.1 El riesgo de inmunización

En realidad el *riesgo de inmunización*, es decir la posibilidad de que la cartera inmunizada no consiga al final el rendimiento buscado, es una función directa del riesgo de reinversión. De tal manera que si la cartera tiene un bajo riesgo de reinversión su riesgo de inmunización será pequeño y lo contrario. Vasicek y Fong han desarrollado una medida de este riesgo⁷ demostrando que la variación del valor de la cartera ante los cambios arbitrarios habidos en la ETTI viene dada por el producto de dos variables: a) la primera depende únicamente de la estructura de la cartera y b) la segunda variable depende de cómo sea el movimiento de los tipos de interés. Este último caso es imposible de controlar puesto que resulta imposible predecir con exactitud cómo van a variar los tipos de interés. Por el contrario, sí es posible controlar la composición de la cartera a inmunizar, lo que hace que la composición de la misma sirva como una medida del riesgo para las carteras inmunizadas, que se define de la siguiente manera:

$$\text{riesgo de las carteras inmunizadas} = \frac{1}{\text{VA Cartera}} \sum_{t=1}^n \frac{\text{FC}_t (t - H)^2}{(1 + r)^t}$$

donde FC_t indica el flujo de caja que se produce en el instante t ; H es el plazo en años del horizonte de inversión; r es la tasa de rendimiento hasta el vencimiento de la cartera y n es el momento en que se recibe el último flujo de caja.

Por ejemplo, si calculamos el riesgo de inmunización de la cartera que estudiamos al comienzo del apartado 3.1 cuyo rendimiento hasta el vencimiento era del 8%, H es cinco años y n es igual a 10 (fecha en la que tiene lugar el último cupón más el principal de las obligaciones del Estado) y, además, sabemos que los cupones del bono son de 28.312 euros, que los cupones de la obligación son de 24.510 euros, que el principal del bono es de 353.903 euros y que el de la obligación es de 350.140 euros tendremos:

$$\begin{aligned} & \frac{52.822 (1 - 5)^2}{1,08} + \frac{52.822 (2 - 5)^2}{1,08^2} + \frac{406.725 (3 - 5)^2}{1,08^3} + \frac{24.510 (4 - 5)^2}{1,08^4} + \\ & + \frac{24.510 (5 - 5)^2}{1,08^5} + \frac{24.510 (6 - 5)^2}{1,08^6} + \frac{24.510 (7 - 5)^2}{1,08^7} + \frac{24.510 (8 - 5)^2}{1,08^8} + \\ & + \frac{24.510 (9 - 5)^2}{1,08^9} + \frac{374650 (10 - 5)^2}{1,08^{10}} = 7.226.019 \text{ euros} \end{aligned}$$

si ahora dividimos 7.226.019 euros por el valor actual de la cartera 680.583 euros obtendremos un valor de la primera variable multiplicativa (o riesgo de inmunización) igual a 10,6.

Dada la medida del riesgo de inmunización que tiene que ser minimizado y la restricción de que la *duración* de la cartera debe ser igual al horizonte de in-

⁷ FONG, Gifford y VASICEK, Oldrich: "A Risk Minimizing Strategy for Multiple Liability Immunization", *Journal of Finance*, diciembre 1984. Págs.: 1541-1546



versión, podremos encontrar la cartera inmunizada óptima a través de un programa lineal. Dicha medida puede utilizarse para construir intervalos de confianza con respecto al rendimiento perseguido a lo largo del horizonte de inversión y con respecto al valor de la cartera al final del período. La conocida expresión del intervalo de confianza es igual a:

Rendimiento perseguido $\pm k$ x desviación típica del rendimiento perseguido

donde k es el número de desviaciones típicas alrededor del rendimiento perseguido esperado. El nivel de confianza determinará el valor de k , de tal manera que cuanto mayor sea dicho nivel más pequeño será el valor de k y más pequeña la banda formada alrededor del rendimiento.

Fong y Vasicek⁸ demostraron que la desviación típica del rendimiento perseguido (u objetivo) esperado puede ser aproximada por el producto de tres términos:

- 1º. la medida del riesgo de inmunización.
- 2º. la desviación típica de la varianza del cambio de un período en la pendiente de la curva de rendimientos (término que puede estimarse empíricamente a través de las variaciones históricas del rendimiento).
- 3º. una expresión que es una función de la longitud del horizonte de inversión (H) y que se define como $(7H)^{-1/2}$.

3.2 Rendimiento y *duración* de una cartera de bonos

A diferencia de las carteras de renta variable donde el rendimiento se obtiene calculando la media ponderada del rendimiento de las acciones que las componen, en las carteras de renta fija esto no es posible hacerlo puesto que los bonos que las integran tienen diferentes fechas de vencimiento. Mientras que en las carteras de renta variable los títulos no vencen y se puede trabajar con períodos de tiempo homogéneos: un mes, un año, etc.

Supongamos que tenemos una cartera formada por los siguientes títulos de renta fija:

- a) Bono del Estado a tres años, 12% de interés anual, cupón anual, precio de mercado: 100 euros, rendimiento interno: 12%, *duración*: 2,69 años.
- b) Bono del Estado a cinco años, 12,5% de interés anual, cupón cero, precio de mercado: 100 euros, rendimiento interno: 12,5%, *duración*: 5 años.

Nuestra cartera va a estar formada por un 50% de bonos a tres años y un 50% de bonos a cinco años. Si calculamos la media ponderada de los rendimien-

⁸ Este trabajo de Gifford FONG y Oldrich VASICEK: "Return Maximization for Immunized Portfolios" no está publicado pero aparece citado en la obra de FABOZZI y FONG que aparece en la bibliografía.



tos obtendremos un valor del 12,25%. Para calcular el rendimiento de una cartera de renta fija, primeramente deberemos calcular el valor de todos los flujos de caja que dicha cartera va a proporcionar (véase la tabla 11) para seguidamente obtener la tasa de rendimiento que iguala el valor actual de los mismos con el precio de compra de todos los títulos que la componen.

	0	1	2	3	4	5
BE - 3a.	-100	12	12	112	-	-
BE - 5a.	-100	-	-	-	-	180,2
Cartera	-200	12	12	112	0	180,2

Tabla 11

$$200 = \frac{12}{(1+r)} + \frac{12}{(1+r)^2} + \frac{112}{(1+r)^3} + \frac{0}{(1+r)^4} + \frac{180,2}{(1+r)^5}$$

Como se puede apreciar, el rendimiento de la cartera es del 12,325%, algo mayor que el calculado a través de la media ponderada de los rendimientos de los títulos.

Lo mismo le ocurre a la *duración* de la cartera, tampoco debería obtenerse calculando la media ponderada de la *duración* de cada título (haciendo esto obtendríamos un valor de 3,845 años), sino que deberíamos calcularla en función de los flujos de caja de la propia cartera y aplicando la expresión matemática mostrada a continuación, con lo que obtendremos un valor de 3,853 años, algo superior a la media ponderada.

$$D = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{t Q_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{Q_t}{(1+r)^t}} = \frac{1}{P_0} \sum_{t=1}^n \frac{t Q_t}{(1+r)^t}$$

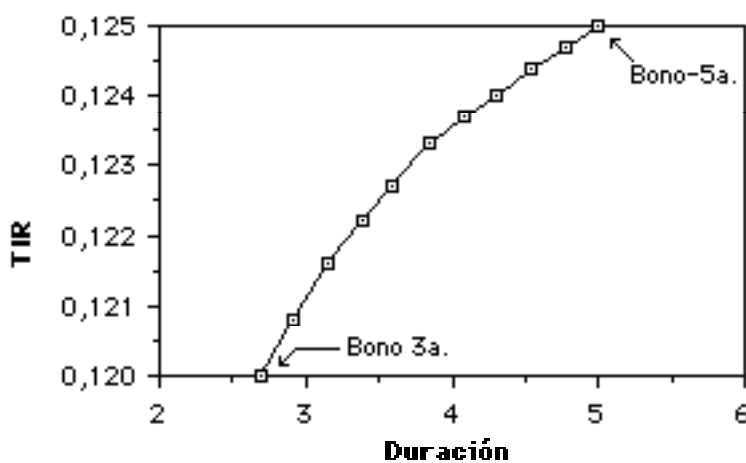


Fig.2 Duración vs. Tasa Interna de Rendimiento (TIR)

Si en el ejemplo anterior variamos las ponderaciones, es decir, si los 200 euros de nuestro presupuesto los distribuimos de diferente forma entre ambos títulos y recalculamos la TIR y la *duración* de la cartera obtendríamos los valores que aparecen en la gráfica de la figura 2. Los cuales están limitados por el valor de la TIR del 12% en caso de invertir todo el presupuesto en el bono de tres años y por la TIR del 12,5% si invertimos todo en el bono de cinco años.

Como se observa en dicha figura 2, la relación entre el rendimiento y la *duración* de una cartera formada por dos títulos de renta fija, en la que uno de ellos tiene la *duración* y la TIR más pequeñas que el otro, tiene una forma cóncava. Si, por otra parte, uno de los dos tuviese la *duración* más corta y la TIR más grande la forma sería convexa. Pero si ambos tuviesen la misma *duración* pero distinto rendimiento, la *duración* de la cartera sería superior a la de ambos individualmente considerados. Sólo cuando los activos tienen el mismo rendimiento, la *duración* y la TIR de la cartera puede ser realmente obtenida a través de la media ponderada de las de los títulos (véase la figura 3). En todo caso, la práctica generalidad de los inversores suele calcular la *duración* y la TIR de la cartera a través de la media ponderada de las *duraciones* y de los rendimientos de los títulos que la componen, debido a la mayor rapidez de cálculo y aunque los resultados no sean totalmente exactos, pero sí muy aproximados.

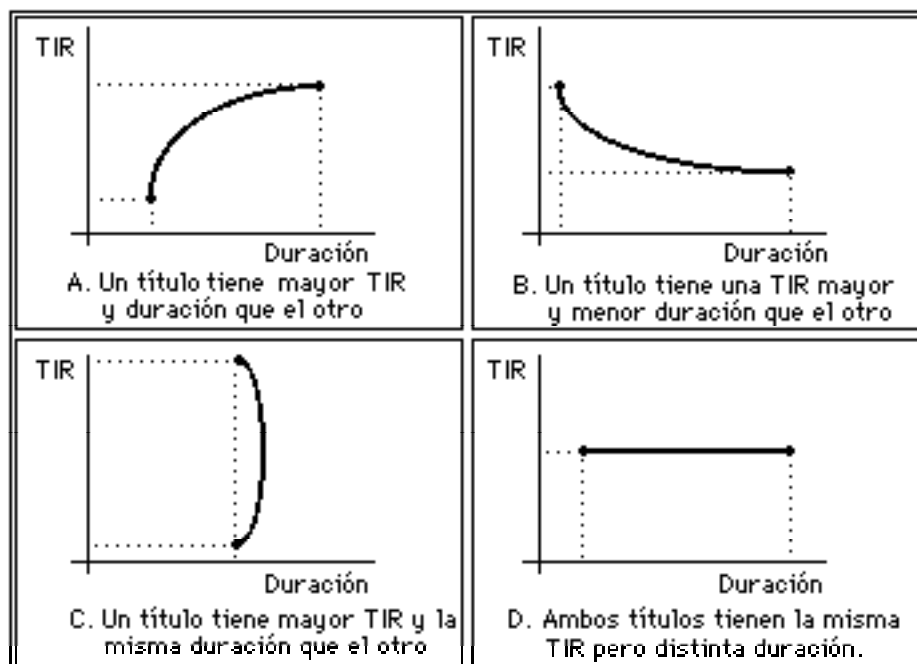


Fig. 3 Diferentes combinaciones TIR-*duración* según sean las características de los títulos que componen la cartera de renta fija

3.3 La inmunización de varios pagos en el futuro

Hasta ahora hemos tratado con la necesidad de inmunizar la inversión necesaria para realizar un único pago en el futuro, pero en este subepígrafe vamos a tratar con la obligación de realizar una corriente de pagos en el futuro. Se dice que una cartera está inmunizada con respecto a una corriente de pagos dada si hay



bastantes fondos para hacerles frente en el momento oportuno a pesar de que la estructura de los tipos de interés oscile paralelamente.

Es preciso señalar que no basta con igualar las *duraciones* de la cartera y de la corriente de pagos para inmunizarla, sino que es necesario descomponer la corriente de cobros de la cartera de tal manera que cada pago sea inmunizado separadamente por cada cobro de aquélla. Lo importante a retener en este caso, es que la corriente de cobros de la cartera, no la cartera en sí misma, pueda descomponerse de esta forma.

Las condiciones necesarias y suficientes⁹ que deben cumplirse para asegurarse de la inmunización de una corriente de pagos en el caso de variaciones paralelas de la estructura de tipos de interés son:

- 1ª. La *duración* de la cartera debe ser igual a la *duración* de la corriente de pagos
- 2ª. La distribución de las *duraciones* (su desviación absoluta media) de los componentes individuales de la cartera deben tener un rango más amplio que la distribución de los pagos (la desviación absoluta media).

En la figura 4 se muestra la denominada *curva de inmunización*, que muestra la *duración* de una particular corriente de pagos para diversos valores del tipo de interés. Así que cada corriente de pagos tiene su propia curva de inmunización asociada.

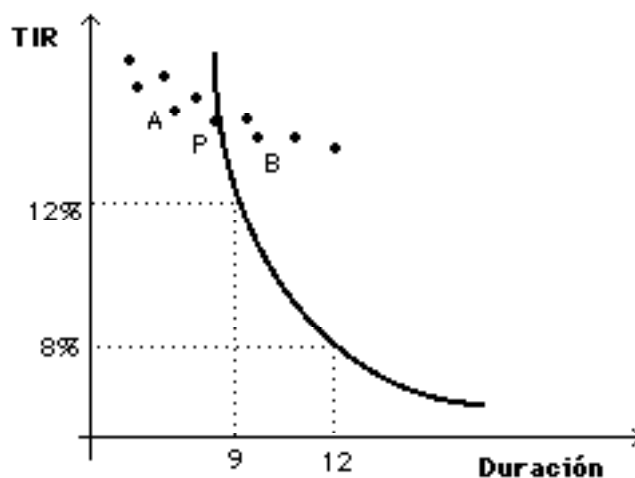


Fig. 4 La inmunización de una corriente de pagos

Para inmunizar una cartera de renta fija se necesita situarse en la propia curva de inmunización. En la figura 4, si invirtiésemos en un bono con el 12% de interés y una *duración* de 9 años estaríamos inmunizados, al igual que si lo hacemos en un bono de 12 años de *duración* que obtiene un rendimiento interno del 8%. El objetivo consiste en situarse lo más arriba posible de dicha curva, lo cual se intenta hacer combinando los diversos bonos emitidos, por ejemplo, los

⁹ Véase el artículo de FONG, Gifford y VASICEK, Oldrich: "A Risk Minimizing Strategy for Multiple Liability Immunization", *Journal of Finance*, diciembre 1984. Págs.: 1541-1546



bonos denominados A y B se pueden combinar para dar la cartera P situada sobre la curva de inmunización. El proceso de cálculo es el de "prueba y error" ayudados de una calculadora financiera o de un ordenador.

Supongamos que hemos contraído un préstamo de un millón de euros al 12% de interés anual, pagadero por años vencidos, que vence dentro de cinco años y que se amortiza según el sistema de anualidades constantes (sistema francés). Los pagos a realizar una vez transcurrido un año son los mostrados en la figura 5. Si calculamos su *duración*, utilizando un tipo de interés del 12%, obtendremos un valor de 2,775 años. Ahora bien, si vamos variando el tipo de interés obtendremos su curva de inmunización la cual está plasmada en la figura 6.

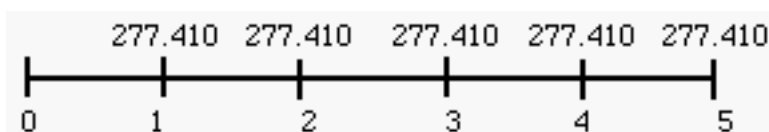


Fig.5

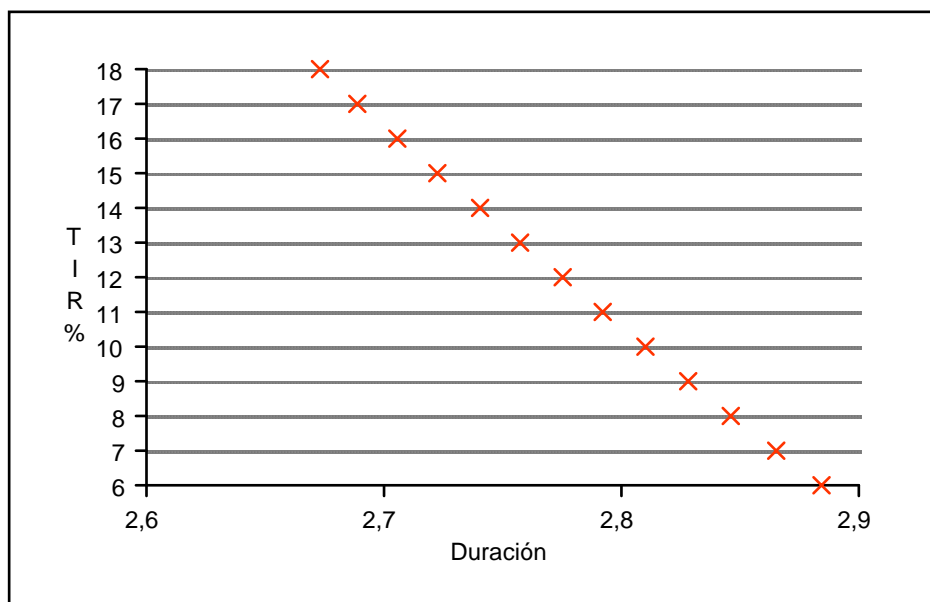


Fig.6 Curva de inmunización

Para inmunizar los pagos del préstamo recurriremos a la utilización de un par de emisiones de las siguientes características:

- a) Bonos del Estado con dos años de vida, de nominal 100 euros con un cupón anual del 10%, y con un precio de mercado de 98,29 €/título lo que proporciona un rendimiento del 11%. Su *duración* es de 1,91 años.
- b) Obligaciones del Estado con una vida de 10 años, al 10,5% de interés anual (cupón anual), 100 euros de valor nominal, con un precio de mercado de 93,41 euros, que corresponde a una TIR del 11,65%. Su *duración* es de 6,526 años.



En la tabla 12, se muestra la forma de calcular las proporciones de reparto de la inversión del millón de euros en ambas emisiones. En la segunda fila figuran, en negrita, las proporciones para ambos tipos de títulos, las cuales deberán ser introducidas por el analista. En la primera columna figuran los años, en la segunda y tercera se muestran los flujos de caja de ambas emisiones. En la cuarta se observa el flujo de caja total de la cartera que es igual a la suma, ponderada por la proporción invertida en cada emisión, de los flujos del período correspondiente de ambas emisiones. En la última columna se refleja cada uno de los flujos de caja de la cartera multiplicado por el año en que tiene lugar.

Xb =	81,01%			TIR = 11,28%
Xo =	18,99%			D = 2,775
<i>Año</i>	<i>Bono</i>	<i>Obligac.</i>	<i>Cartera</i>	<i>Año x FC</i>
0	-98,29	-93,41	-97,363	0,000
1	10,00	10,50	10,095	10,095
2	110,00	10,50	91,105	182,250
3		10,50	1,994	5,982
4		10,50	1,994	7,976
5		10,50	1,994	9,970
6		10,50	1,994	11,964
7		10,50	1,994	13,958
8		10,50	1,994	15,952
9		10,50	1,994	17,946
10		110,50	20,984	209,840

Tabla 12

En las dos primeras filas se muestran la TIR de la cartera (el 11,28%) y la *duración* (2,775 años), que se ha calculado dividiendo el valor actual de los flujos que aparecen en la última columna por el valor actual de la cartera con signo positivo (97,363 euros). Si el analista va realizando tanteos de las diversas proporciones de reparto acabaría por obtener un gráfico como el que aparece en la figura 2. El proceso acaba cuando encontremos una combinación que suministre la misma *duración* que el préstamo a inmunizar. En realidad, esto equivale a superponer la curva de inmunización (fig.6) con la curva de rendimientos-*duración* de la cartera (fig. 2) y ver cuál es el punto de corte (véase la figura 7).

Como se aprecia en la tabla 12, para inmunizar el pago del millón de euros habrá que invertir el 81,01% en los bonos del Estado a dos años y el resto, el 18,99% en las obligaciones a 10 años. Esto es 8.242 bonos ($0,8101 \times 1.000.000 / 98,29$) y 2.033 obligaciones ($0,1899 \times 1.000.000 / 93,41$).

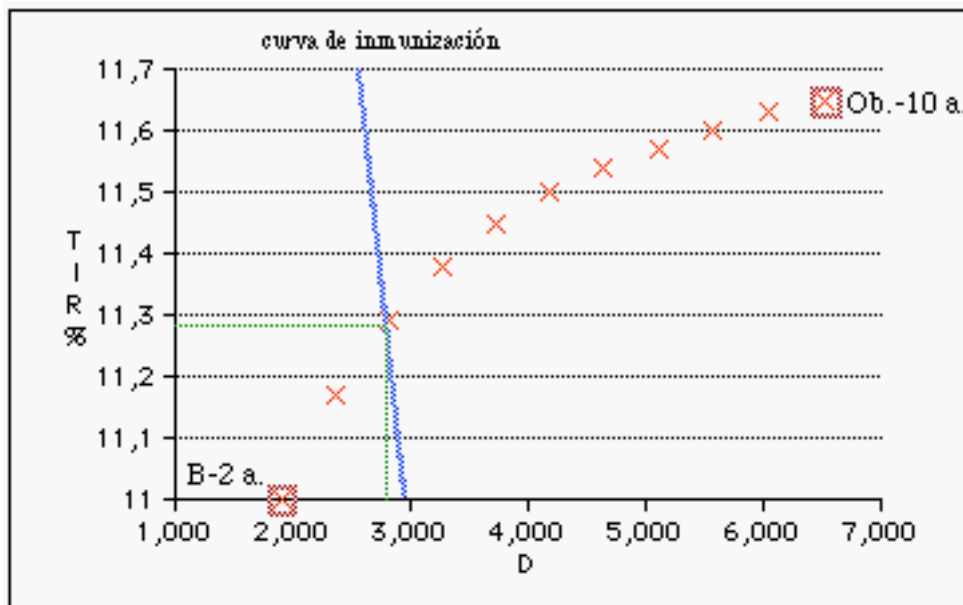


Fig. 7

En cuanto a la medida del riesgo de inmunización en el caso de pagos múltiples viene dada por la expresión¹⁰:

$$\frac{1}{VA \text{ Inversión}} \left[\sum_{t=1}^n \frac{FC_t (t-D)^2}{(1+r)^t} - \sum_{s=1}^m \frac{P_s (s-D)^2}{(1+r)^s} \right]$$

donde D indica la *duración* de la cartera que deberá coincidir con la *duración* de la corriente de pagos; FC son los flujos de caja de la cartera y P son los pagos a inmunizar (donde m es el instante en que tiene lugar el último pago). Una estrategia de inmunización óptima consiste en minimizar la medida del riesgo de inmunización sujeta a las restricciones impuestas por las dos condiciones comentadas más arriba (y cualquier otra aplicable a las restricciones de la cartera) a través del uso de la programación lineal.

3.4 Ventajas y limitaciones de la inmunización

En cuanto a las ventajas señalaremos:

- La inmunización es más barata de llevar a la práctica que la correspondencia entre flujos de tesorería (ver el epígrafe 5).
- Existe una gran flexibilidad a la hora de seleccionar los títulos individuales que van a formar la cartera inmunizada.
- La cartera inmunizada experimenta las mismas fluctuaciones del mercado que la corriente de pagos a realizar.

En cuanto a sus limitaciones diremos que:

¹⁰ Véase el artículo citado de FONG y VASICEK



- a) Una cartera de bonos inmunizada requiere periódicos reajustes para mantener la correspondencia entre las *duraciones*. Sobre todo conforme el tiempo transcurre y los tipos de interés varían. Pero hay que tener cuidado con los costes de transacción a la hora de realizar el reajuste.
- b) Si la corriente de pagos sufre alteraciones será necesario reajustar la cartera inmunizada.
- c) En un ambiente inflacionista la inmunización puede ser un objetivo poco apropiado, puesto que el pago a inmunizar podría haber variado en el momento que tenga lugar.
- d) Una cartera de bonos inmunizada tiene un pequeño grado de riesgo de reinversión y de riesgo sistemático. También existen los riesgos de impago de los cupones y de la amortización anticipada de alguna emisión.
- e) Si la corriente de pagos es de muy larga *duración*, la estrategia de inmunización puede encontrarse con serias dificultades.
- f) La inmunización se basa en que la estructura temporal de los tipos de interés es plana y que si se altera lo hará antes de tener que realizar los pagos obligados y, además, seguirá siendo plana. Pero si esta suposición no se cumpliera la inmunización podría no ser perfecta.

4. La inmunización contingente

Aunque la inmunización forma parte de las estrategias pasivas puede actuar en combinación con las de tipo activo. Este es el caso de la *inmunización contingente* propuesta por Leibowitz y Weinberger¹¹, en la que el inversor establece un rendimiento mínimo aceptable sobre el período de planificación. Este rendimiento es menor que el que se podría lograr con una estrategia de inmunización pasiva, al permitir un mayor margen de maniobra para la realización de estrategias de gestión activa. Esto es, el inversor tiene un cierto margen para realizar apuestas sobre la evolución futura de los tipos de interés y si dichas predicciones resultan ser mejores que las del mercado el rendimiento conseguido será superior. Pero, si las circunstancias fuesen adversas y se rebasara ese rendimiento mínimo establecido el gestor estaría obligado a inmunizar completamente la cartera con objeto de conseguir con certeza el rendimiento mínimo indicado.

Las consideraciones clave a la hora de implantar una inmunización contingente son:

- a) El establecimiento de un rendimiento mínimo aceptable (que es el objetivo a conseguir) que esté perfectamente inmunizado inicialmente y en el futuro
- b) La identificación de un adecuado colchón de seguridad

¹¹ LEIBOWITZ, Martin y WEINBERGER, Martin: "Contingent Immunization - Part I: Risk Control Procedures" *Financial Analysts Journal* (Nov-Dic). 1982 Págs.: 17-31



- c) La implantación de un procedimiento de control con objeto de asegurarse de que el colchón de seguridad no es rebasado

Supongamos que los tipos de interés son actualmente del 10% y que la cartera de renta fija tiene un valor de mil millones de euros, por tanto, a través de las técnicas de inmunización anteriormente analizadas el gestor de la misma puede asegurar un valor futuro dentro de dos años de 1.210 millones de euros. Supongamos que el gestor está de acuerdo en asegurar únicamente 1.100 millones de euros (el rendimiento mínimo aceptable sería del 4,88% que es el rendimiento que en dos años permitiría conseguir dicho valor) a cambio de seguir una política de gestión activa de la cartera, lo que equivaldría a invertir hoy el valor actualizado de dicha cantidad 909 millones de euros al tipo de interés del 10%. El límite inferior del colchón de seguridad (conocido como rendimiento de la *red de seguridad*) es muy importante puesto que indica el momento en que la gestión activa deberá abandonarse en caso de que el valor de la cartera en un momento determinado descienda por debajo del valor equivalente en ese instante a 909 millones de euros actuales (o a un valor final de 1.100 millones).

A la diferencia entre el 10% y el 4,88% se le denomina *colchón de seguridad* o *diferencial del colchón* (*cushion spread*), que en este caso es de 512 puntos básicos y que indica la amplitud del margen de movimientos del gestor para realizar la gestión activa de la cartera.

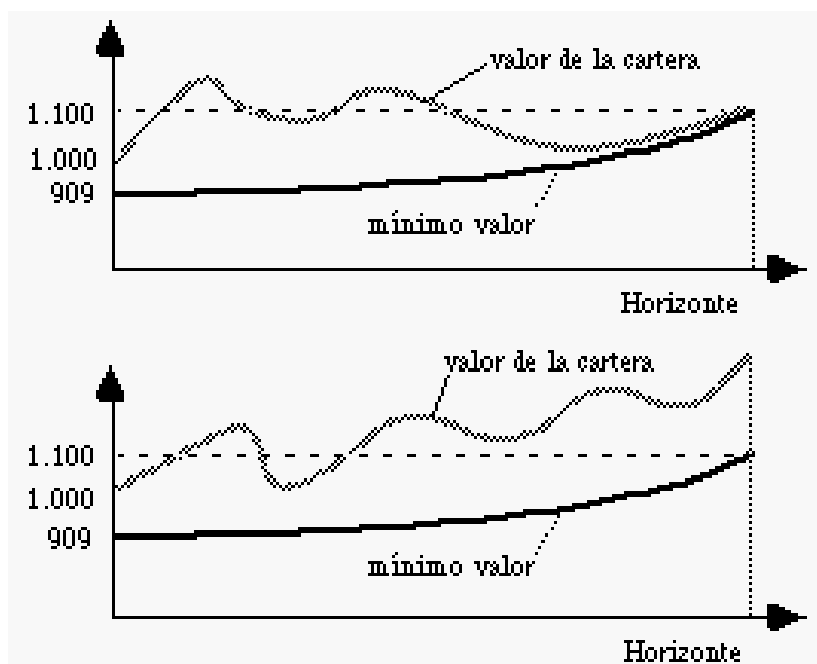


Fig.8 Inmunización contingente

En la figura 8 se pueden observar dos casos. En el de arriba, la gestión activa ha sido poco afortunada y el valor de la cartera llega a su valor mínimo permitido, es decir al rendimiento de la red de seguridad, lo que implica el abandono de dicho tipo de gestión a cambio de utilizar un sistema de inmunización clásico que permita obtener dicho valor mínimo en el horizonte temporal indicado.



Por otro lado, en la segunda figura se observa como la gestión activa ha funcionado esta vez obteniendo un mayor valor que el mínimo indicado.

Así, por ejemplo, en la tabla 13 figuran los resultados de dos posibles escenarios aplicados al ejemplo anteriormente analizado. Así, supongamos que hemos invertido nuestros 1.000 millones de euros en Obligaciones del Estado a 10 años que reparten un 10% de interés anual pagadero por anualidades vencidas y que se emiten a la par (1.000€).

Transcurrido un año el tipo de interés ha caído hasta el 8%. Esto quiere decir que el valor actual de las Obligaciones del Estado que vencen dentro de nueve años es de 1.125€ a lo que hay que añadir el valor del cupón: 100; en total tendremos un valor de 1.225€ lo que implica que la cartera que en el año cero valía 1.000 millones ahora vale 1.225 millones de euros. Si descontamos al 8% de interés el valor final de la cartera mínima a conseguir éste será igual a: $1.100 \div (1,08) = 1.019$ millones de euros al final del primer año. Esto nos da un colchón de seguridad medido en euros de 206 millones, lo que permite seguir gestionando activamente la cartera.

	Tipo inicial: 10%	Tipo dentro de un año: 8%	Tipo dentro de un año: 12,275%
Valor final	1.100 mill.	1.100 mill.	1.100 mill.
Valor actual de la cartera	1.000 mill.	1.225 mill.	980 mill.
Valor actual del objetivo mínimo	909 mill.	1.019 mill.	980 mill.
Colchón de seguridad	91 mill.	206 mill.	0 mill.
Estrategia	Activa	Activa	Inmunizar

Tabla 13

El segundo escenario consiste en suponer que el tipo de interés ha ascendido al final del primer año al 12,275%. Ello implica que el valor de las Obligaciones del Estado en dicho instante es igual a 880€ al que hay que sumar los 100 del cupón; total 980€. Luego la cartera tomará un valor igual a 980 millones de euros. Por otro lado, el valor actual de la cartera mínima a conseguir sería igual a: $1.100 \div (1,12275) \approx 980$ millones de euros. Lo que significa que hemos alcanzado la red de seguridad y ya no queda ningún margen de maniobra para realizar la gestión activa y deberemos proceder a inmunizar la cartera.

Si la estrategia activa vacilase, la estrategia de inmunización pasiva subyacente proporcionaría un tope mínimo por debajo del cual no caería el rendimiento. Concretando, la *inmunización contingente* limita las pérdidas de la gestión activa. Mientras que la gestión activa funcione bien, habrá beneficios, pero el proceso de *inmunización contingente* proporciona una disciplina de seguimiento del control del riesgo. Esto es, los mejores resultados se lograrán siempre que el inversor tenga una capacidad predictiva superior a la del mercado, lo que por desgracia pocas veces ocurre. En un mercado de bonos desorganizado es difícil ejecutar transacciones a precios razonables. En estas condiciones una vez que una estrategia de inmunización pasiva ha sido lanzada puede ser imposible



conseguirla con la rapidez o eficiencia deseadas, lo que implicará la obtención de un rendimiento inferior al mínimo previsto.

La clave para planificar una inmunización contingente consiste en controlar el comportamiento de la cartera a lo largo del tiempo de tal manera que el gestor esté siempre informado sobre su sensibilidad. Es preciso estar avisado de la posibilidad de que la variación de los tipos de interés sea tan fuerte que no dé tiempo a cambiar de una estrategia activa a una de inmunización.

4.1 Combinación por fórmula

Esta es otra estrategia que combina la gestión activa y la pasiva pero que contrasta con la inmunización contingente en cuanto que asigna una porción de la cartera inicial a la gestión activa e inmuniza el resto según una relación que asume que el rendimiento objetivo a inmunizar es más grande que el rendimiento mínimo aceptable y que el rendimiento logrado a través de la gestión activa siempre que se dé el peor escenario posible.

El componente activo se calcula de la siguiente forma:

$$\frac{\text{Rendimiento objetivo a inmunizar} - \text{rendimiento mínimo}}{\text{Rendimiento objetivo a inmunizar} - \text{Rendimiento del peor escenario}}$$

Así, por ejemplo, supongamos que el objetivo a inmunizar es el 9% anual, el rendimiento mínimo aceptable es el 6% anual y el rendimiento en el peor caso posible de la gestión activa es del 4% anual; el porcentaje de la cartera sometido a gestión activa será:

$$\frac{0,09 - 0,06}{0,09 - 0,04} = 0,6 = 60\%$$

Para cualquier rendimiento objetivo a inmunizar, cuanto más pequeño sea el rendimiento mínimo aceptable y más grande el rendimiento activo esperado, mayor será la proporción de la cartera bajo gestión activa. El rendimiento mínimo deseado se conseguirá siempre que el rendimiento actual no caiga por debajo del rendimiento activo proporcionado por el peor escenario posible.

5. La correspondencia entre los flujos de tesorería

Esta estrategia, también denominada *dedicación*, parte de la construcción y mantenimiento de una cartera de bonos de bajo coste que tenga una estructura de flujos de tesorería que prácticamente se corresponda con la estructura de los flujos de caja de una corriente futura de pagos. En este tipo de estrategia, los bonos cupón cero juegan un papel muy importante.

Ejemplo: Una empresa que debe pagar dentro de cinco años cien millones de euros, podría invertir en bonos cupón cero, que tuviesen el mismo venci-



miento, la cantidad actual equivalente para que dentro de un lustro obtuviese los cien millones de euros. Obsérvese que la *duración* media de ambas operaciones es la misma, lo cual está en consonancia con esta estrategia.

Debido a que los vencimientos de los flujos de tesorería de la cartera de bonos se corresponden con los vencimientos de los pagos a realizar, la *duración* y la *convexidad* de aquélla serán idénticas a las de éstos últimos. Una correspondencia entre los flujos de tesorería implica la correspondencia entre *duraciones* y *convexidades*.

Para realizar un programa de correspondencia entre flujos que proporcione la cartera de renta fija de mínimo coste deberemos comenzar por definir sus elementos principales:

1. $D(t)$ muestra los pagos en el momento t
2. $C(i,t)$ muestra los cobros que tienen lugar en el momento t provenientes del bono i .
3. $P(i)$ es el precio del bono i
4. $N(i)$ es el número de bonos i adquiridos.

El coste de la cartera de bonos, que deberemos minimizar, viene dado por el producto del número de bonos de cada tipo multiplicado por su precio de mercado:

$$\text{Min } \sum N(i) \times P(i)$$

por otra parte, la totalidad de flujos de tesorería provenientes de la cartera de bonos en el momento t vendrá dado por el producto de los mismos y del número de bonos. Esta cantidad deberá ser superior a la de los pagos en dicho momento:

$$\sum N(i) \times C(i,t) \geq D(t)$$

la restricción final vendrá dada por la imposibilidad que tiene el inversor de emitir bonos: $N(i) \geq 0$.

Obsérvese que los pagos deberán corresponderse con los cobros de los cupones o de los principales provenientes de la cartera de renta fija. Es decir, los bonos no deberán ser vendidos para hacer frente a los pagos futuros. De esta manera el único riesgo es el de insolvencia, puesto que los cambios del tipo de interés no afectarán a la correspondencia entre cobros y pagos. Por lo tanto, una variación de la estructura temporal de los tipos de interés no hará necesaria una alteración de la composición de la cartera de renta fija. La solución al problema viene dada por la resolución del programa lineal expuesto anteriormente.

El modelo puede ser ampliado si contemplamos la posibilidad de trasladar tesorería de un período a otro posterior, lo que hará que las fuentes de fondos, que hacen frente a los pagos, sean ahora dos: los cobros provenientes de la cartera de renta fija y los fondos provenientes de algún período anterior.

Si denominamos S_t al montante de la inversión a corto plazo y r al tipo de interés de un período. Entonces en el momento t el valor de dicha inversión será



igual al valor que tenía en el instante anterior capitalizado un período: $S_{t-1} \times (1+r)$. En cada período las fuentes de fondos (inversiones a corto plazo más cobros de la cartera de renta fija) deberán coincidir con el uso de los mismos (pagos más fondos trasladados a un período posterior). Por lo tanto, el programa lineal quedaría de la siguiente forma:

Función objetivo: $\text{Min } \sum N(i) \times P(i)$

Restricciones:

$$\sum N(i) \times C(i,t) + S_{t-1} \times (1+r) = D(t) + S_t$$

$$N(i) \geq 0$$

$$S_t \geq 0$$

$$S_{-1} = 0$$

Este programa lineal que calcula la correspondencia entre cobros y pagos tiene las mismas virtudes que el anterior con la salvedad de que al utilizar un tipo de interés a corto plazo (r) podría ocurrir que la competencia forzara al valor de dicha tasa a aproximarse al de las actuales expectativas sobre los tipos de interés futuros a corto plazo. En este caso el programa de correspondencia sería mucho más arriesgado al depender del curso actual de los tipos de interés futuros.

5.1 Ejemplo

Supongamos que disponemos de la posibilidad de invertir en tres títulos de renta fija:

- Letra del Tesoro a un año cuyo precio es de 880 €, y su valor nominal es de 1.000€.
- Bono del Estado a tres años cuyo precio es de 950 €, su valor nominal es de 1.000 €, y paga cupones anuales de 120 €.
- Bono empresarial de cinco años de maduración con un precio de 1.070 €, con un valor nominal de 1.000 €, que paga unos cupones de 140 €, anuales.

Durante cinco años deberemos realizar unos pagos de 50.000 euros anuales, por lo tanto se trata de calcular el número de títulos de cada tipo de emisión a adquirir para lograr la correspondencia entre cobros y pagos. Sabemos que el tipo de reinversión de las cantidades de dinero sobrantes es del 12%.

La función objetivo será:

$$\text{Min } N(1) \times 880 + N(2) \times 950 + N(3) \times 1.070$$

que estará sujeta a las siguientes restricciones:

$$N(1) \times 1.000 + N(2) \times 120 + N(3) \times 140 = 50.000 + S_1$$



$$\begin{aligned} + N(2) \times 120 + N(3) \times 140 + S_1 \times 1,12 &= 50.000 + S_2 \\ + N(2) \times 1.120 + N(3) \times 140 + S_2 \times 1,12 &= 50.000 + S_3 \\ &+ N(3) \times 140 + S_3 \times 1,12 = 50.000 + S_4 \\ &+ N(3) \times 1.140 + S_4 \times 1,12 = 50.000 + S_5 \end{aligned}$$

$$N(i) \geq 0$$

$$S_t \geq 0$$

La solución a nuestro ejemplo¹² es adquirir 67,365 Letras del Tesoro y 120,1 Bonos del Estado a tres años. El primer año sobrarán 31.785 €; el segundo nada; el tercero tendrá un superávit de 84.502,55 euros que bastarán para hacer frente a los pagos del cuarto año e incluso sobrarán 44.642,85 euros que capitalizados al 12% hasta el quinto año darán como resultado los 50.000 necesarios. El coste actual de la cartera será de 173.368 euros.

5.2 Ventajas y limitaciones

En cuanto a las ventajas podemos destacar:

- El concepto de correspondencia entre los flujos de tesorería es fácil de entender.
- Esta estrategia elimina el riesgo sistemático (riesgo de interés) y el riesgo de reinversión.
- El mantenimiento de una cartera de este tipo es mínimo; así, no hay que hacer reinversiones y reequilibrados de la misma, salvo que alguno de los bonos vea descender sus calificación crediticia a niveles peligrosos.
- A diferencia de la inmunización, la correspondencia no tiene requerimientos sobre la *duración* de sus componentes.

Por otro lado, existen una serie de limitaciones:

- Una perfecta correspondencia entre los flujos puede resultar muy costosa de realizar e, incluso, imposible. Esta estrategia es entre un 3% y un 7% más cara que la inmunización multiperíodo debido a la necesidad de comprometer más fondos de los necesarios en esta estrategia.
- Si la corriente de pagos es a muy largo plazo puede que no existan bonos con un vencimiento tan grande lo que imposibilitaría la realización de la estrategia.
- La corriente de pagos puede estar sujeta a cambios, lo que echaría por tierra la correspondencia inicialmente establecida al tener que entrar en un nuevo escenario que obligaría al total replanteamiento de la estrategia.

¹² Los resultados se han aproximado, de ahí que surjan algunas pequeñas diferencias si se comprueban los mismos.



- d) Si no se realiza una perfecta correspondencia entre los flujos, la cartera estará sometida tanto al riesgo sistemático como al de reinversión.
- e) Este tipo de estrategia está sometida a los riesgos de crédito y de recompra anticipada si los bonos de alto rendimiento se utilizan para reducir el coste de la misma.

Direcciones útiles de Internet

Índices AFI

<http://www.afi.es/infoanalistas/comun/mostrarHtm.asp?X=0&idSeccion=156491>

Índices Iboxx

[http://deutsche-](http://deutsche-boerse.com/dbag/dispatch/en/kir/qdb_navigation/market_data_analytics/20_indices/70_cooperations/60_iBoxx_EUR_Indices)

[boerse.com/dbag/dispatch/en/kir/qdb_navigation/market_data_analytics/20_indices/70_cooperations/60_iBoxx_EUR_Indices](http://deutsche-boerse.com/dbag/dispatch/en/kir/qdb_navigation/market_data_analytics/20_indices/70_cooperations/60_iBoxx_EUR_Indices)

Índices de Renta Fija MSCI

<http://www.msibarra.com/products/indices/fi/index.jsp>

Índices Lehman

<http://www.lehman.com/fi/indices/global.htm>

Bibliografía

- ALEXANDER, Gordon y RESNICK, Bruce: "Using Linear and Goal Programming to Immunize Bond Portfolios". *Journal of Banking and Finance*, 9, nº 1. Marzo. 1985. Págs.: 34-54
- ALEXANDER, Gordon y SHARPE, William: *Fundamentals of Investments*. Prentice Hall. Englewood Cliffs (NJ). 1989. Págs.: 497-520
- BIERWAG, G., KAUFMAN, G., y TOEVS, A.: "Bond Portfolio Immunization and Stochastic Process Risk". *Journal of Bank Research*, nº 13 (Invierno). 1983. Págs.: 282-291
- BIERWAG, G., KAUFMAN, G., y TOEVS, A.: "Duration, Its Development and Use in Bond Portfolio Management". *Financial Analysts Journal*, 39 nº 4 (Julio-Agosto). 1983. Págs.: 15-35
- BIERWAG, G., KAUFMAN, Gordon, LATTI, Cynthia y ROBERTS, Gordon: "Duration: Response to Critics". *Journal of Portfolio Management*, 13 nº 2 (Invierno). 1987. Págs.: 48-52
- BIERWAG, G.O.: "Immunization, Duration and the Term Structure of Interest Rates". *Journal of Financial and Quantitative Analysis*. Diciembre. 1977
- BIERWAG, Gerald: *Análisis de la duración*. Alianza Editorial. Madrid. 1991
- BIERWAG, G.O., KAUFMAN, George, SCHWEITZER, R., y TOEVS, Alden: "The Art of Risk Management in Bond Portfolios". *Journal of Portfolio Management*, 7 nº 3. Primavera. 1981. Págs.: 27-36
- BODIE, Zvi; KAN, Alex y MARCUS, Alan: *Investments*. Irwin. Englewood Cliffs (II). 1993
- ELTON, Edwin y GRUBER, Martin: *Modern Portfolio Theory and Investment Analysis*. John Wiley. Nueva York. 1991. Págs.: 549-572
- EZQUIAGA, Ignacio y KNOP, Roberto: "Los índices de renta fija y su utilización en la gestión de carteras: los índices AFI". *Análisis Financiero* nº 62. 1994. Págs.: 22-37
- FABOZZI, Frank y FONG, Gifford: *Advanced Fixed Income Portfolio Management*. Probus. Chicago. 1994
- FABOZZI, Frank: *Investment Management*. Prentice Hall. Englewood Cliffs (NJ). 1995. Caps. 24 y 25
- FARRELL, James: *Portfolio Management*. McGraw Hill. Nueva York. 1997 (2ª ed.)



- FONG, Gifford y VASICEK, Oldrich: "A Risk Minimizing Strategy for Multiple Liability Immunization", *Journal of Finance*, diciembre 1984. Págs.: 1541-1546
- GRANITO, Michael: "The Problem with Bond Index Funds". *Journal of Portfolio Management*. Verano. 1987. Págs.: 41-48
- HAUGEN, Robert: *Modern Investment Theory*. Prentice Hall. Englewood Cliffs. (NJ). 1990. Págs.: 376-419.
- KHANG, C.: "Bond Immunization When Short-Term Rates Fluctuate More Than Long-Term Rates". *Journal of Financial and Quantitative Analysis*. Diciembre. 1979
- LEIBOWITZ, Martin y WEINBERGER, Alfred: "The Uses of Contingent Immunization". *Journal of Portfolio Management* nº 8. Invierno. 1981. Págs.: 51-55
- LEIBOWITZ, Martin y WEINBERGER, Martin: "Contingent Immunization - Part I: Risk Control Procedures" *Financial Analysts Journal* 38, nº 6 (Nov-Dic). 1982 Págs.: 17-31
- LEIBOWITZ, Martin y WEINBERGER, Martin: "Contingent Immunization - Part II: Problem Areas" *Financial Analysts Journal* 39, nº 1 (Ene- Feb). 1983 Págs.: 39-50
- LEIBOWITZ, Martin: "The Dedicated Bond Portfolio in Pension Funds- Part I: Motivations and Basics" *Financial Analysts Journal* 42, nº 1 (Ene-Feb) 1986. Págs.: 69-75
- LEIBOWITZ, Martin: "The Dedicated Bond Portfolio in Pension Funds- Part II: Immunization Horizon Matching, and Contingent Procedures" *Financial Analysts Journal* 42, nº 2 (Mar-Abr) 1986. Págs.: 47-57
- MASCAREÑAS, Juan: *La Gestión de Activos de Renta Fija*. Pirámide. Madrid. 2002
- MOSSAVAR-RAHMANI, Sharmin: *Bond Index Funds*. Probus. Chicago. 1991
- MOSSAVAR-RAHMANI, Sharmin: "Understanding and Evaluating Index Fund Management", en FABOZZI, Frank y GARLICKI, Dessa (ed.): *Advances in Bond Analysis and Portfolio Strategies*. Probus. Chicago. 1987. Págs.: 433 y ss.
- NAVARRO, Eliseo y NAVE, Juan: "Inmunización dinámica, riesgo de inmunización y costes de transacción". *Análisis Financiero* 64. 1994. Págs.: 54-65
- REILLY, F.; KAO, G. y WRIGHT, D.: "Alternative bond market indexes". *Financial Analysts Journal*, mayo/junio. 1992
- SCHAEFER, Stephen: "Immunisation and Duration: A Review of Theory, Performance and Applications". *Middland Corporate Finance Journal*, 2, nº 3 (Otoño). 1984. Págs.: 41-58
- SEIX, Christina y AKOURY, Ravi: "Bond Indexation: The Optimal Quantitative Approach". *Journal of Portfolio Management*. Primavera. 1986 Págs.: 50-53
- SHARPE, William; ALEXANDER, Gordon y BAILEY, Jeffrey: *Investments*. Prentice Hall. Englewood Cliffs (NJ). 1995. Pág.s: 462-500
- VAN HORNE, James: *Financial Markets Rates & Flows*. Prentice Hall. Englewood Cliffs (NJ). 1990. Págs.: 137-149