

TRATAMIENTO MULTIOBJETIVO DE LOS SISTEMAS DE TRADING

Rafael Caballero
José Manuel Cabello
Analía Cano
Francisco Ruiz

Departamento de Economía Aplicada (Matemáticas). Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales.
Universidad de Málaga. Plaza El Ejido s/n. 29071 MÁLAGA
Tfno. 952 13 11 76
e-mail: jmcabello@uma.es

RESUMEN

En el problema de selección de cartera, se ha tratado de conseguir las mejores carteras para el decisor dentro de la frontera eficiente de las mismas. En este planteamiento se utilizan los objetivos de rentabilidad y riesgo, entendido este último como el riesgo no sistemático.

En este trabajo, damos un paso más en el análisis del problema, planteándonos la posibilidad de obtener la frontera eficiente, considerando el riesgo sistemático o de mercado. Para ello utilizamos las técnicas de programación por metas y la mejora secuencial de metas. Estimamos las funciones que representan a los dos objetivos. Y comprobamos con una simulación real los resultados obtenidos.

1.- INTRODUCCIÓN

En los estudios de Markowitz (1959) y en trabajos posteriores se formula el modelo para la selección de cartera, entendiendo como tal problema, el intento por parte del inversor de maximizar la rentabilidad de su inversión en diferentes títulos, para un nivel de riesgo determinado. O bien, la minimización del riesgo para un nivel de rentabilidad dado.

El inversor para su inversión parte de un presupuesto dado y de un intervalo de tiempo determinado. La cartera puede estar compuesta por distintos tipos de valores, acciones, bonos, etc., aunque nosotros nos centraremos en las acciones.

La coyuntura económica, inflación, desempleo, políticas económicas, y demás variables económicas del entorno donde funciona la empresa de la que participamos, o bien los hechos económicos propios de la empresa, como pueden ser la aparición de competencia, cambios en la legalidad, etc. hace que los inversores deban preocuparse no sólo de la rentabilidad esperada de la acción en cuestión, sino de la incertidumbre de que ese resultado se consiga finalmente.

Por todo ello, el inversor se enfrenta a dos objetivos, maximizar el rendimiento y minimizar el riesgo, consiguiendo el decisor su compromiso cuando consiga alcanzar niveles de equilibrio entre ambos objetivos.

Así, el proceso de selección de cartera, para llegar a la cartera óptima del inversor se resume en tres etapas:

La primera de ellas consiste en la obtención de la frontera eficiente de las carteras, es decir, el conjunto de carteras que consiguen el mayor rendimiento para cada uno de los niveles de riesgo o, al contrario, el conjunto de carteras para cada nivel de rendimiento que minimizan el riesgo asumido

En la segunda, habría que determinar el mapa de curvas de indiferencia del inversor, es decir, las combinaciones de rentabilidad y riesgo que proporcionan la misma utilidad al decisor.

Por último, habría que combinar la información de las dos etapas anteriores, para determinar la cartera óptima como aquella que sea tangente a la curva de indiferencia de mayor utilidad.

En este proceso, los indicadores que se utilizan para la representación de la rentabilidad y el riesgo son la media y la variancia, respectivamente, y lo que Markowitz proponía era que el riesgo y la rentabilidad de la cartera dependa de tres variables: la esperanza de rentabilidad de cada acción, la variancia de cada acción, y la covariancia de los rendimientos de entre cada una de las acciones que componen la cartera.

La hipótesis necesaria para el estudio, además del comportamiento racional del inversor y la perfección del mercado, es que los rendimientos de los títulos se distribuyan normalmente, de forma que mediante la media y la variancia podamos describir el rendimiento futuro.

Partiendo de estas consideraciones, en nuestro trabajo, una vez seleccionada la cartera mediante el modelo elaborado por Cabello et al. (1998), pretendemos dar un paso más en la selección de cartera, realizando un análisis del riesgo, desde su perspectiva de mercado.

Este planteamiento nos lleva a considerar con mayor detenimiento los distintos aspectos que intervienen en la determinación del riesgo y que nos llevan a distinguir el tipo de riesgo al que se hace referencia cuando se determina una cartera eficiente.

2.- RIESGO SISTEMÁTICO Y NO SISTEMÁTICO

Utilizando el modelo planteado, no sólo somos capaces de elegir entre valores con más o menos riesgo y rentabilidad acorde al mismo, sino que podremos combinar adecuadamente las acciones de forma que el resultado final sea más satisfactorio.

Para ello, debemos tener en cuenta la covariancia, ya que el riesgo de la cartera está relacionado con la variabilidad de las rentabilidades esperadas de cada uno de los valores que estamos considerando, y también, con las interrelaciones de las rentabilidades de los valores que constituyen nuestra cartera.

Por tanto, es importante analizar la covariancia que existe entre los títulos de la cartera, ya que ésta nos indica cómo se correlacionan entre sí los títulos, y por consiguiente, si vamos a ser capaces de reducir el riesgo de los mismos agrupándolos en una cartera. Por otro lado, esta importante consideración es la que provocó el trabajo de Sharpe (1963) en el que se simplificaba el modelo, mediante la utilización de un índice de mercado.

Pero, ¿cómo conseguimos reducir el riesgo total de una cartera, constituyendo ésta con títulos que tienen individualmente un riesgo mayor? La respuesta no es más que la correcta diversificación de la cartera, de forma que eligiendo adecuadamente valores con covariancia complementaria, el riesgo de la cartera disminuye sustancialmente. Por tanto, si consideramos las dos características principales de cada cartera, es decir, su nivel de riesgo y de rentabilidad, la elección de títulos en la diversificación de la cartera, hace posible la determinación de la frontera eficiente del conjunto de carteras posibles.

Pero ¿cuál es el tipo de riesgo que estamos considerando? Debemos en este punto hacer la distinción entre el riesgo sistemático y el riesgo no sistemático.

El primero de ellos, el riesgo sistemático, es aquel en el que incurre una cartera y, por tanto, sus títulos por el hecho de ser parte del sistema económico general. Por tanto, este riesgo es producto de las oscilaciones propias de la economía, inflación, desempleo, políticas monetarias y fiscales, etc. Es por lo que a este tipo de riesgo también se le conoce como riesgo de mercado.

El riesgo no sistemático, es aquel causado por condiciones particulares de la empresa en cuestión, y que en principio sólo atañe a la empresa. Ejemplos de estos factores pueden ser la tecnología, mercado del producto, etc. Es el riesgo que podemos denominar como particular de la firma.

En la figura 1, se representa el riesgo de la cartera en función del número de títulos de la misma. Podemos observar como al aumentar el número de títulos, disminuye el riesgo no sistemático, mientras que el riesgo de mercado permanece invariable.

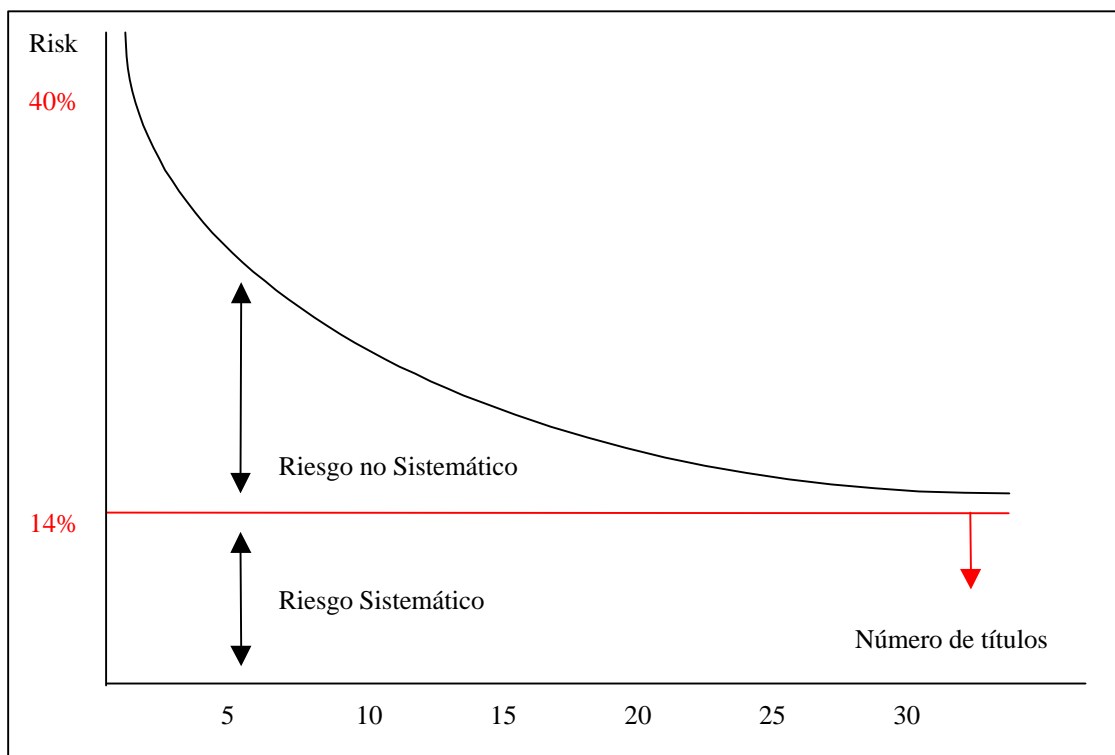


Figura 1.- Gráfica que representa el riesgo sistemático y no sistemático

De esta distinción se deduce que en el problema de selección de cartera, el riesgo que tratamos, al diversificar nuestra inversión, es el riesgo no sistemático o riesgo particular de las empresas de las que adquirimos acciones.

3.- SISTEMAS DE TRADING

Nuestra metodología es aplicar las técnicas de programación por metas, al problema de selección de cartera como se ha aplicado en otros trabajos Lee (1980) y Tamiz (1993), donde se analizaba la sensibilidad de las acciones a los indicadores, para en un segundo paso determinar la cartera teniendo en cuenta las preferencias del decisor. En nuestro trabajo utilizaremos estas técnicas con el fin de incorporar en el análisis de la inversión el riesgo sistemático de la cartera, es decir, el riesgo de mercado.

Para llevar a cabo este análisis, partimos de que se ha realizado el estudio del problema de cartera, y por tanto, tenemos determinada la cartera compromiso, es decir, los títulos en los que se invierte y el porcentaje en el que participan en la misma.

El problema, planteado en su aspecto multicriterio, implica que el decisor ha elegido una cartera compuesta por títulos que se sitúan en la frontera eficiente del conjunto de carteras, y dentro de ésta, en el nivel de riesgo y rentabilidad acorde a sus preferencias.

La medida del riesgo realizado de la cartera es la variabilidad total que han tenido las acciones que componen la cartera, es decir, medimos el riesgo total, sistemático y no sistemático. Sin embargo, el problema sólo trata de reducir el riesgo no sistemático, ya que en todas las carteras existe un residuo de riesgo, como representamos en la gráfica 1, el sistemático o de mercado, que se incluye en la medición pero que no se trata de eliminar.

¿Podemos dar un paso más en el tratamiento del riesgo y la rentabilidad de la cartera? Nuestro propósito es hacerlo, utilizando un sistema de trading en la forma de operar con la cartera y, de esta forma, considerar un nuevo enfoque de la variable riesgo, que sería el riesgo sistemático. No pretendemos determinar el mejor sistema de trading, problema que ya trataremos en un trabajo posterior, sino comprobar cómo este enfoque del problema puede ayudarnos a ajustar, aún más, la frontera eficiente de la inversión, en este caso en renta variable, tomando en consideración todas las fuentes del riesgo.

Por ello, vamos a utilizar, a modo de ejemplo, uno de los sistemas de trading más sencillos, pero que al mismo tiempo es uno de los más utilizados por los inversores. Vamos a tomar el cruce de medias móviles de la cotización de las acciones, más concretamente, el cruce de una media móvil parametrizada con la cotización de la acción, de forma que en nuestro análisis el sistema de trading sólo va a tener un parámetro que analizar, el número de observaciones que tenga la media móvil que utilicemos.

Conviene puntualizar, antes de continuar nuestro análisis, ciertas consideraciones referentes a la utilización de la media móvil, como base del sistema de trading. Por un lado, con una media se obtiene una suavización de los precios, que permite disminuir "el ruido" y tener una visión más clara de la dirección de los precios,

a costa de retrasar la actuación en el mercado. Este retraso y esta suavización se acentúan al incrementar los periodos de cálculo de las medias.

Por otro, la media móvil simple tiene dos posibles críticas o defectos. El primero es que sólo tiene en cuenta un periodo determinado de las cotizaciones y no considera todas las cotizaciones anteriores. Y el segundo defecto es que asigna la misma importancia a todas las cotizaciones del periodo, mientras que algunos analistas opinan que hay que dar mayor importancia a las últimas cotizaciones.

La media móvil exponencial intenta resolver estos defectos encontrados en la media móvil simple, ya que es una media que pondera los datos que la componen y tiene en cuenta todos los datos disponibles del valor que intervienen en el cálculo.

Por último, una vez decidido cuál debe ser el tipo de media con el que trabajaremos, tenemos que determinar un nuevo parámetro, más importante si cabe que el anterior: el periodo de la media. Recordemos que son indicadores seguidores de tendencia, no líderes. Estas medias van retrasadas en mayor o menor medida en función del periodo.

Así, utilizar una media a muy corto plazo, entre 4 y 10 días, presenta la ventaja de que el precio es seguido muy de cerca por la media y por lo tanto esto generará muchos cruces. Esto puede llevar a estar continuamente efectuando operaciones con señales falsas con un alto coste de comisiones, aunque cuando se entre en una buena tendencia ésta se aprovechara prácticamente desde el principio y se obtendrán muy buenos beneficios. La solución en estos casos es encontrar un periodo de compromiso en el que la media siga los precios bastante de cerca, es decir sea lo suficiente sensible, y a la vez no esté demasiado afectada por el ruido aleatorio de los precios.

Una vez hechas estas puntualizaciones estableceremos una media móvil exponencial de α observaciones del valor de cierre de la acción, que denotaremos por $m(c, \mathbf{a})$. El sistema que utilizaremos para el análisis, donde c representa al cierre de la acción, es el siguiente:

- Si $m(c, \mathbf{a}) \leq c$ el sistema nos indicará que para ese valor de cierre, debemos estar dentro del mercado, de forma que, en el momento que la media cruce la cotización $m(c, \mathbf{a}) = c$, mostrará una señal de entrada en el mercado,
- Si $m(c, \mathbf{a}) > c$ el sistema nos indicará que para ese valor de cierre, debemos estar fuera del mercado, de forma que, en el momento que la media cruce la cotización $m(c, \mathbf{a}) = c$, mostrará una señal de salida en el mismo.

El siguiente paso es determinar la medida de los dos objetivos tratados, teniendo en cuenta que partimos de que ya se ha realizado un estudio inicial en el que se ha determinado la cartera eficiente, y por tanto, nuestra medida debe basarse en el análisis realizado.

Proponemos, por tanto, para cada uno de los objetivos las siguientes medidas:

- Rentabilidad: para este objetivo tomamos como medida la diferencia entre la rentabilidad obtenida por el sistema de trading y la que se hubiera obtenido

al utilizar la estrategia de comprar y mantener hasta agotar el horizonte temporal de nuestra inversión.

Por consiguiente, un índice de rentabilidad de 10 significa que hemos conseguido 10 puntos de rentabilidad más que el sistema de comprar y mantener, un cero significará que hemos igualado la rentabilidad, y un índice negativo querrá decir que nuestro sistema ha perdido rentabilidad con respecto a la estrategia de referencia. Todo ello referido al horizonte temporal estimado.

- **Riesgo:** para nuestro segundo objetivo, tomaremos como medida del mismo la relación existente entre el número de días que estamos dentro del mercado y el número de días de nuestro horizonte temporal.

De esta forma, el riesgo máximo que puede alcanzar nuestra inversión es la unidad o el 100%, si lo expresamos en porcentaje, cuando mantengamos invertida la cartera durante todos los días de nuestra inversión. Un índice del 50% supondrá que hemos estado en el mercado la mitad de los días de los que consta nuestra inversión. Y, llevado al extremo, un valor de cero significará que siempre hemos estado fuera del mercado.

El último paso para establecer nuestro modelo multiobjetivo es estimar una función para cada uno de nuestros objetivos en función del parámetro del sistema de trading que estamos utilizando. En nuestro caso, el sistema utilizado sólo depende de un parámetro (en sistemas más avanzados trabajaríamos con varios parámetros), que representa el número de observaciones a tener en cuenta en la confección de la media móvil.

Como es habitual en diversos trabajos de selección de cartera, basamos nuestro estudio en el análisis histórico de los valores que estemos considerando. Este tratamiento de la información nos obliga a tener en cuenta el riesgo en el que se incurre al intentar predecir el futuro basándonos en los hechos acontecidos en periodos pasados. La forma idónea de reducir este riesgo es tratar este proceso de selección de la información con la mayor rigurosidad posible. Sin embargo, y dado que el objetivo de nuestro trabajo es presentar un modelo que incorpore la posibilidad de que el decisor tenga también en cuenta el riesgo sistemático en sus decisiones de inversión, nos centraremos inicialmente, en la construcción del sistema que incorpore esta posibilidad a través de un ejemplo sencillo, estimando para éste las funciones que nos representan la rentabilidad y el riesgo. Una vez construido este modelo, nos permitirá, en estudios posteriores, completar el trabajo seleccionando el sistema de trading más idóneo.

4.- METODOLOGÍA

Para ilustrar la metodología que hemos seguido, utilizaremos nuestro ejemplo de sistema de trading. Lo llevaremos a cabo para uno de los valores más importante de la Bolsa de Madrid, el Banco de Santander, y para los últimos 500 días, es decir, desde el 1 de noviembre de 1997 hasta el 2 de febrero de 1999. En dicho periodo, la tendencia de la acción ha tenido cuatro etapas bien diferenciadas, una alcista, una bajista y dos laterales, obteniendo finalmente un resultado, bajo el sistema de comprar y mantener durante los trece meses, del 16,74% de revalorización. De esta forma, hemos elegido un valor que ha pasado por las tres típicas tendencias de los valores.

En la figura 2, representamos la gráfica del valor en cuestión, así como sus diferentes etapas alcista, bajista y lateral.

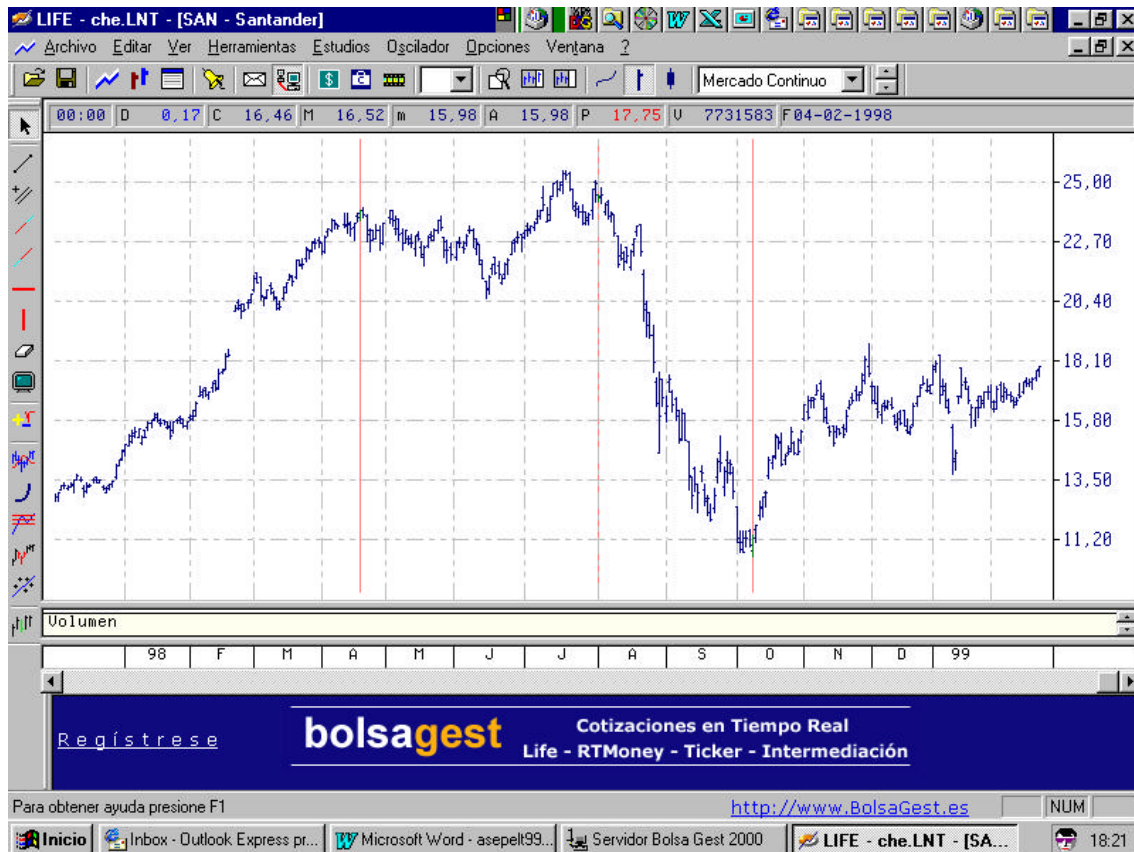


Figura 2. Evolución de la acción del Banco de Santander desde noviembre de 1977 a febrero de 1999.

El paso siguiente en la simulación del sistema para el Banco de Santander es analizar qué hubiera ocurrido si hubiéramos seguido el sistema para distintos valores del parámetro. En este caso, hemos variado el valor de α , de 1 a 30, es decir, en total tendremos 30 observaciones.

Para esta simulación, hemos realizado las siguientes consideraciones:

- El valor de la acción, al que suponemos que realizamos la transacción, es el de cierre del día en el que se da la señal, ya sea de entrada como de salida. Esto viene dado por que la cotización de la acción va cambiando de forma continua dentro de las jornadas bursátiles, y por tanto, el momento en el que se cruzan los datos que sirven de referencia a nuestro sistema, puede ser cualquiera dentro de la jornada.
- Dado que el sistema consiste en la entrada y salida del mercado con una cierta frecuencia (la media de negocios cerrados en los catorce meses puede ser de quince), hemos considerado imprescindible contabilizar los gastos de comisiones de intermediación en los que incurrimos.

En la figura 3, podemos observar los resultados obtenidos por nuestro sistema de trading para cada uno de los parámetro utilizados, columna 2, y ordenados por el porcentaje de beneficios obtenidos en los citados trece meses, columna 3. En la columna 5 representamos la variable que nos va a recoger la rentabilidad del sistema y que no es más que la diferencia entre los beneficios obtenidos por el mismo y el 16,74% del B/H. En la columna 7, se calculan los días que ha estado invertido el capital en la acción, de forma que en la columna 9 se calcula el índice de riesgo de mercado que soportamos, expresado en porcentaje.

Test #	Net Profit	Percent Gain	Cociente	Diferencia Absoluta	Diferencia Relativa	Días Dentro	Días Fuera	OPT 1:
15	9.569.464	95,69	5,89	79,45	4,89	278	211	56,85%
8	8.972.045	89,72	5,52	73,48	4,52	282	207	57,67%
9	8.743.611	87,44	5,38	71,20	4,38	276	213	56,44%
10	8.743.611	87,44	5,38	71,20	4,38	276	213	56,44%
17	8.731.261	87,31	5,38	71,07	4,38	291	198	59,51%
19	8.560.880	85,61	5,27	69,37	4,27	293	196	59,92%
18	8.366.224	83,66	5,15	67,42	4,15	292	197	59,71%
7	8.364.811	83,65	5,15	67,41	4,15	283	206	57,87%
16	8.068.368	80,68	4,97	64,44	3,97	284	205	58,08%
11	7.859.484	78,59	4,84	62,35	3,84	280	209	57,26%
20	7.688.834	76,89	4,73	60,65	3,73	298	191	60,94%
14	7.541.454	75,41	4,64	59,17	3,64	281	208	57,46%
22	7.381.472	73,81	4,55	57,57	3,55	300	189	61,35%
13	7.298.380	72,98	4,49	56,74	3,49	280	209	57,26%
12	7.276.107	72,76	4,48	56,52	3,48	278	211	56,85%
27	7.092.190	70,92	4,37	54,68	3,37	306	183	62,58%
21	7.061.713	70,62	4,35	54,38	3,35	299	190	61,15%
28	6.661.036	66,61	4,10	50,37	3,10	307	182	62,78%
26	6.398.724	63,99	3,94	47,75	2,94	305	184	62,37%
6	6.162.645	61,63	3,79	45,39	2,79	279	210	57,06%
29	6.159.023	61,59	3,79	45,35	2,79	310	179	63,39%

Figura 3. Resultados del sistema de trading elegido como ejemplo.

5.- ESTIMACIÓN DE LAS FUNCIONES Y PLANTEAMIENTO DEL MODELO

Nos restaría la estimación de las funciones de riesgo y rentabilidad, utilizando como variable explicativa el parámetro α .

A) AJUSTE DE LA FUNCIÓN DE RIESGO

Para ello hemos utilizado el método de minimización de los residuos al cuadrado con los valores de la figura 3, de forma que los resultados obtenidos son los recogidos en la tabla 1:

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	54.018	3.532.960	1.528.988	0.0000
X	0.3159	1.923.100	1.642.833	0.0000
R-squared	0.912130	Mean dependent var		5923.143
Adjusted R-squared	0.908750	S.D. dependent var		272.1162
S.E. of regression	8.219.987	Akaike info criterion		11.72493
Sum squared resid	175677.3	Schwarz criterion		11.82009
Log likelihood	-162.1491	F-statistic		269.8901
Durbin-Watson stat	0.609370	Prob(F-statistic)		0.000000

Tabla 1 Datos del ajuste de la función de Riesgo

Es decir, nuestra función representativa del riesgo incurrido utilizando el sistema de trading, en función del parámetro, será:

$$\text{Riesgo} = 54,018 + 0,3159 \alpha$$

En este caso, el término independiente $c=54,018\%$, no tiene ninguna interpretación en nuestro problema, ya que en el caso de que el parámetro sea cero, o bien estamos siempre invertidos, lo que supondría un riesgo de 100%, o no lo estaríamos nunca lo que supone un riesgo de 0%. Sólo sirve para ajustar mejor la función de riesgo.

Como podemos observar, el ajuste explica más del 90% de las variaciones del indicador de riesgo sistemático que hemos utilizado. Los test estadísticos de cada variable nos indican que las variables son significativas y la F del conjunto de la estimación también. Existe autocorrelación positiva de los residuos, que puede ser asumida en nuestro ejemplo, por lo que en trabajos posteriores, para evitar este problema se añadirán coeficientes mediante modelos ARMA.

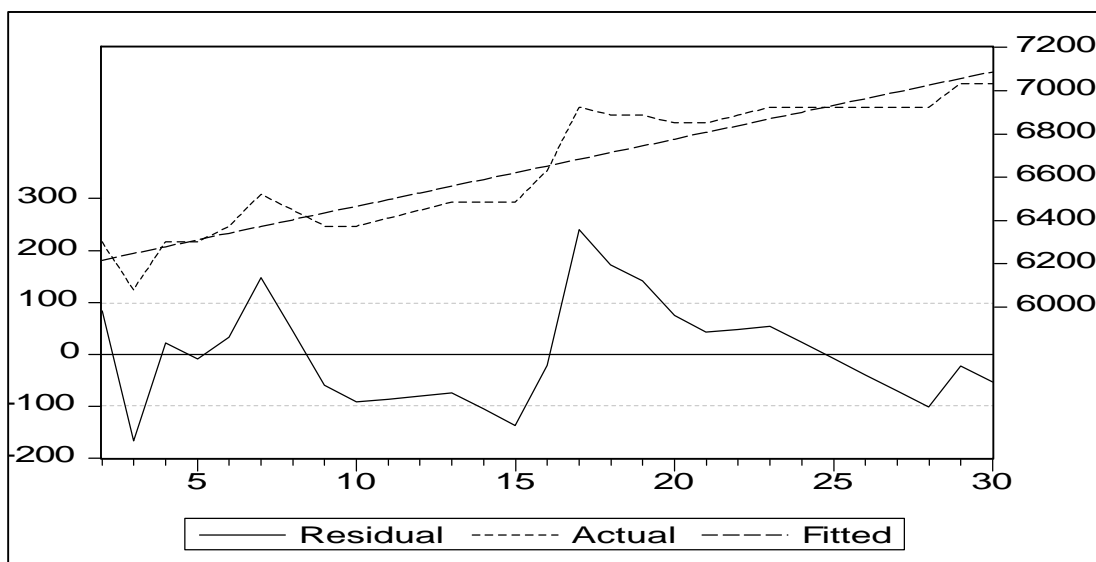


Figura 4. –Ajuste de la función de Riesgo

En la figura 4, se representa la función de riesgo que hemos ajustado en función de α , que es una función lineal con pendiente positiva, y que como podemos observar en la misma, se ajusta mejor a medida que avanzamos en los valores de α .

B) AJUSTE DE LA FUNCIÓN DE RENTABILIDAD

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-4528.837	1.255.670	-3.606.710	0.0014
X	2129.973	3.002.817	7.093.247	0.0000
X2	-121.0827	2.031.658	-5.959.800	0.0000
X3	2.023430	0.406326	4.979.823	0.0000
R-squared	0.767847	Mean dependent var		5375.214
Adjusted R-squared	0.738828	S.D. dependent var		1729.777
S.E. of regression	884.0023	Akaike info criterion		16.53.836
Sum squared resid	18.755.041	Schwarz criterion		16.72.867
Log likelihood	-227.5370	F-statistic		26.46006
Durbin-Watson stat	0.975126	Prob(F-statistic)		0.000000

Tabla 2.- Datos del ajuste de la función de Rentabilidad

Es decir, nuestra función representativa del riesgo incurrido utilizando el sistema de trading, en función del parámetro, será:

$$\text{Rentabilidad} = -45,2884 + 21,2299 \alpha - 1,211 \alpha^2 + 0,023 \alpha^3$$

En este caso, el término independiente $c=-45,2884\%$, no tiene ninguna interpretación en nuestro problema. Sólo sirve para ajustar mejor la función de rentabilidad.

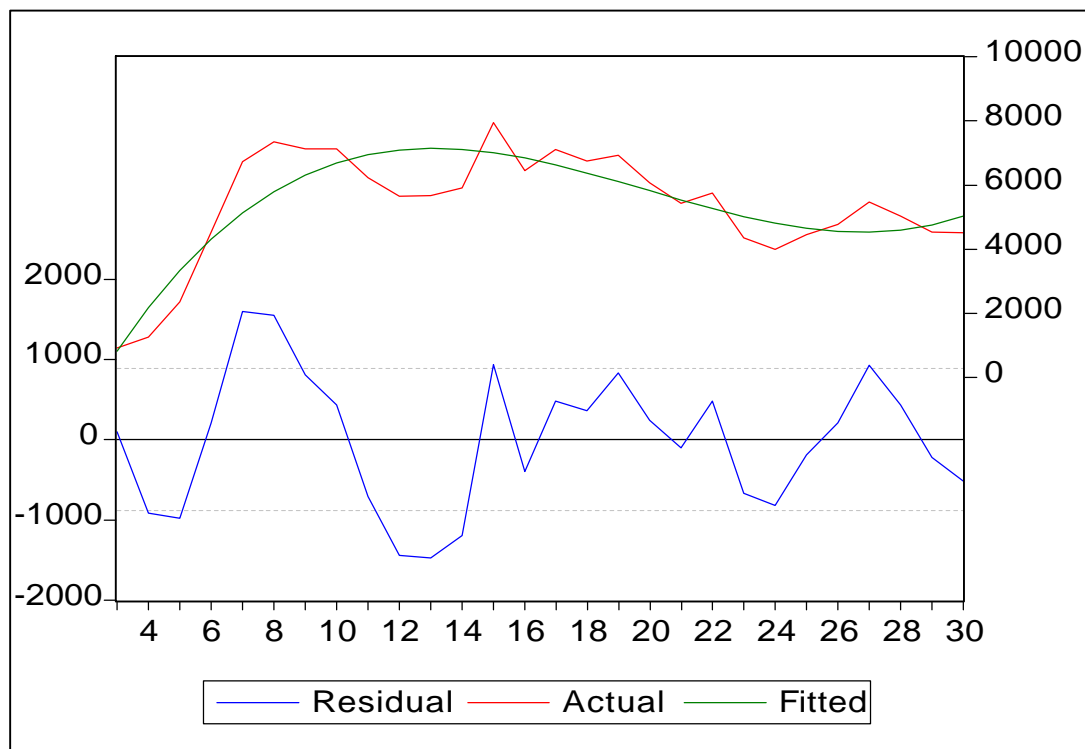


Figura 5.- Ajuste de la función de Rentabilidad

En la figura 5, representamos la función de rentabilidad ajustada, así como los residuos generados respecto de los valores reales de rentabilidad. La función tiene un

máximo local alrededor del valor $\alpha = 14$. Este valor es precisamente uno de los valores más utilizados tanto en los indicadores técnicos, como en los sistemas de trading.

C) MODELO

Una vez estimadas las funciones objetivo que formalizan el comportamiento de la rentabilidad y el riesgo en nuestro problema, pasamos a plantear el modelo:

$$\text{Max } -45,288 + 21,299 * x - 1,211 * x^2 + 0,023 * x^3$$

$$\text{Min } 54,02 + 0,3159 * x$$

$$\text{s.a. } 1 \leq x \leq 30$$

$$x \in \mathbb{Z}$$

donde x es la variable del modelo que recoge el número de observaciones de la media móvil. Para nuestro problema tomará valores entre 1 y 30, dado que se han estimado las funciones para esos valores, obviamente valores enteros por tratarse del número de observaciones.

La técnica elegida para resolver el problema multiobjetivo planteado es la Programación por Metas ponderada, sin determinar distintos niveles de prioridad. Por tanto, el problema de programación por metas a resolver es:

$$\text{Min } \frac{w_1}{N_1} n_1 + \frac{w_2}{N_2} p_2$$

$$\text{s.a. } 1 \leq x \leq 30$$

$$-45,288 + 21,299 x - 1,211 x^2 + 0,023 x^3 + n_1 - p_1 = N_1 \quad [1]$$

$$54,02 + 0,3159 x + n_2 - p_2 = N_2$$

$$x, n_i, p_i \geq 0$$

$$x \in \mathbb{Z}$$

donde: w_1, w_2 son los pesos asignados a las funciones objetivo

N_1, N_2 son los niveles de aspiración de cada objetivo

p_1, p_2, n_1, n_2 son las variables de desviación positivas y negativas

Hemos ponderado los objetivos con los pesos asignados por el decisor y normalizados por los propios niveles de aspiración que éste asigna a cada objetivo, dado que los dos indicadores utilizados no tienen el mismo rango de variación.

5.- ALGORITMO E IMPLEMENTACIÓN

El programa informático que implementa el modelo realizado se ha llevado a cabo en Visual Basic For Applications enfocado a la hoja de cálculo Excel.

A continuación, describimos de forma conjunta tanto el algoritmo como su implementación, desarrollando el ejemplo que venimos utilizando desde el inicio del trabajo. Por último, y a modo de resumen, mostramos el organigrama seguido por el programa (figura 11).

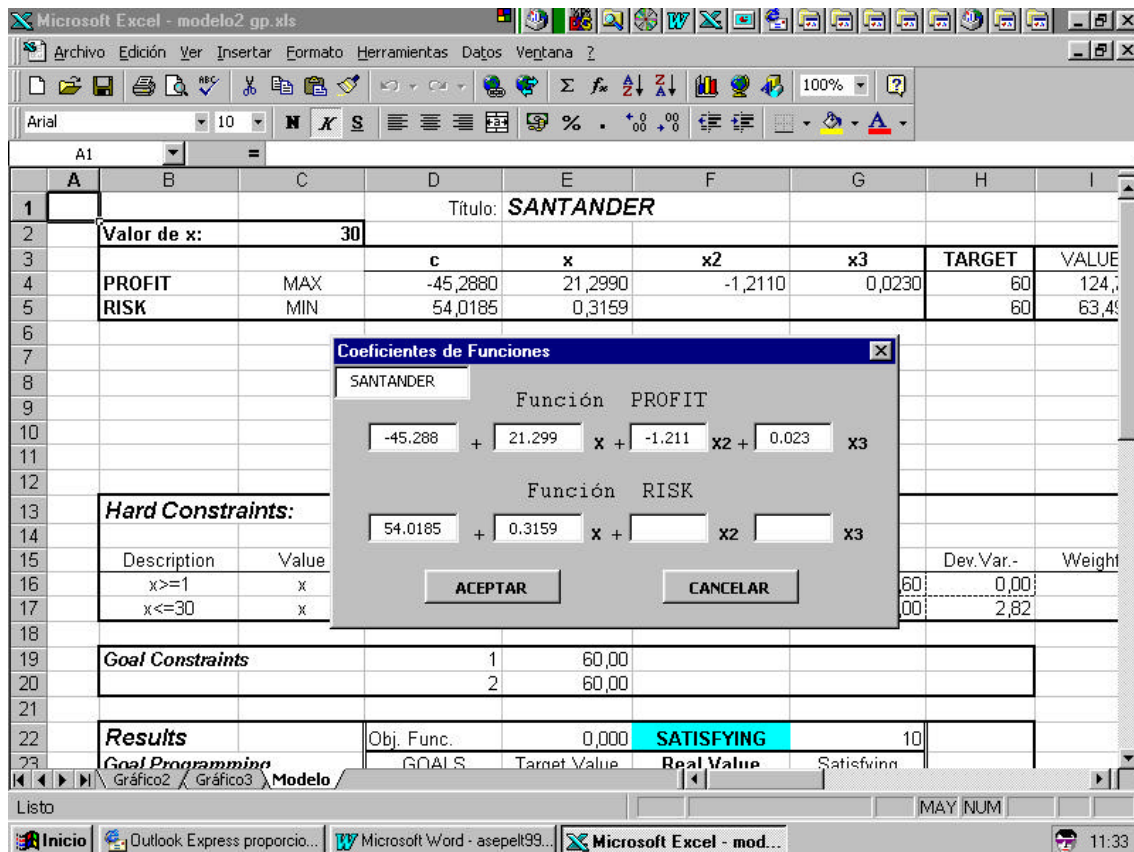


Figura 6. El primer paso del programa es solicitar los coeficientes de las funciones estimadas para el valor en cuestión.

En la figura 6 mostramos la primera petición del programa que el decisor debe atender, en la que además de solicitar el nombre de la acción que estamos estudiando, se solicitan los coeficientes de las funciones ajustadas.

Seguidamente, el programa calcula la matriz de pagos en la cual se evalúan ambas funciones objetivo en los óptimos individuales que se obtienen en cada uno de ellos. Efectuados estos cálculos, nos muestra la matriz de pagos obtenida, y para continuar nos pide los niveles de aspiración deseados para cada función. En nuestro ejemplo, y para la matriz de pagos generada, hemos impuesto unos niveles de aspiración de 60 en ambos casos (figura 7).

Estos niveles de aspiración significan que el DM quiere obtener al menos un 60% de rentabilidad y estar como máximo el 60% del tiempo invertido, y por tanto, expuesto al riesgo de mercado.

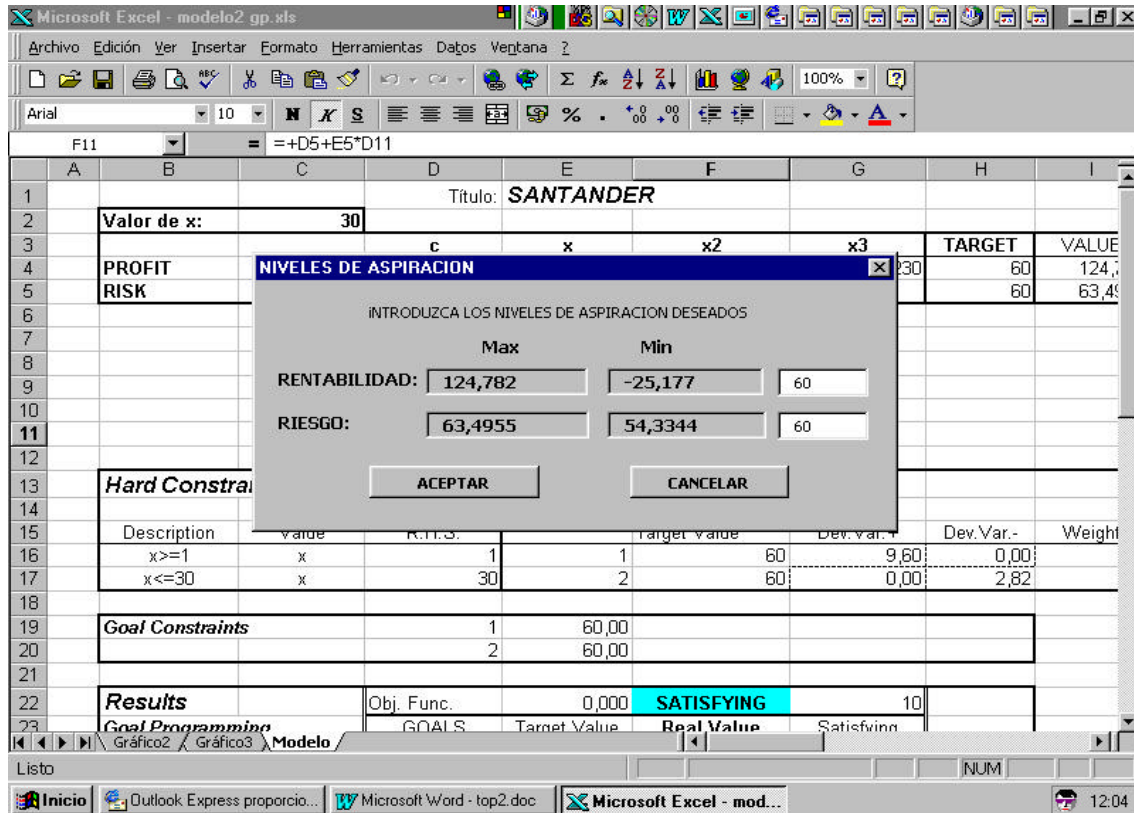


Figura 7. El algoritmo muestra la matriz de pagos y solicita los niveles de aspiración.

Para dichos niveles de aspiración el programa realiza el problema [1] y determina si la solución obtenida es satisfactoria o no satisfactoria.

Si existe solución satisfactoria, muestra el siguiente cuadro de dialogo, que aparece en la figura 8, y realiza la mejora secuencial de metas descrita en Caballero(1998), calculando el problema de maximización de rentabilidad sujeto al nivel de riesgo deseado [2], con la idea de ofrecer al decisor el intervalo en el que puede mejorar la rentabilidad. Por último, en este estadio solicita el valor intermedio entre el nivel previamente establecido y el resultado del problema [2].

$$\begin{aligned}
 \text{Max} \quad & -45,288 + 21,299 x - 1,211 x^2 + 0,023 x^3 \\
 \text{s.a.} \quad & 1 \leq x \leq 30 \\
 & 54,02 + 0,315 x \leq N_2 \\
 & x \in \mathbb{Z}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

En nuestro ejemplo, el intervalo es desde 60 (primera aspiración) hasta 79,86, eligiendo nosotros un nivel de 70.

En el paso siguiente, el programa obtiene la nueva solución, minimizando el riesgo para el nivel de rentabilidad escogido, resolviendo el problema [3]. En la figura 9, se puede observar que el programa muestra la solución escogida: el valor de la variable independiente (x), el número de observaciones de la media móvil, los niveles de cada uno de los objetivos que ese valor implica y además, muestra la tasa de intercambio entre los dos objetivo en ese punto.

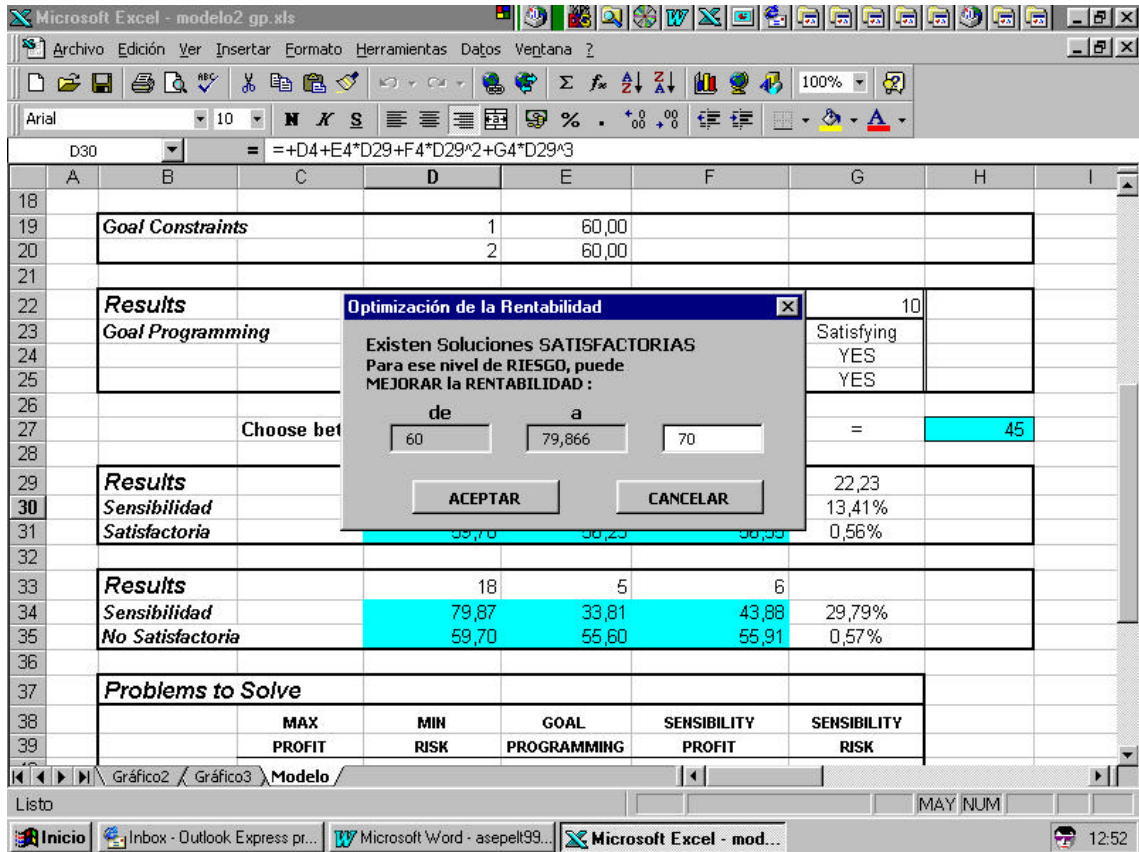


Figura 8. El algoritmo calcula el carácter de la solución y muestra el intervalo en el que se puede mejorar la rentabilidad, solicitando el valor deseado.

Dicha tasa nos representa el incremento porcentual del objetivo de rentabilidad esperada, a cambio de una pérdida de un 1% en el objetivo de riesgo.

$$\text{Min } 54,02 + 0,3159 x$$

$$\text{s.a. } 1 \leq x \leq 30$$

$$-45,288 + 21,299 x - 1,211 x^2 + 0,023 x^3 \geq N1 \quad [3]$$

$$x \in \mathbb{Z}$$

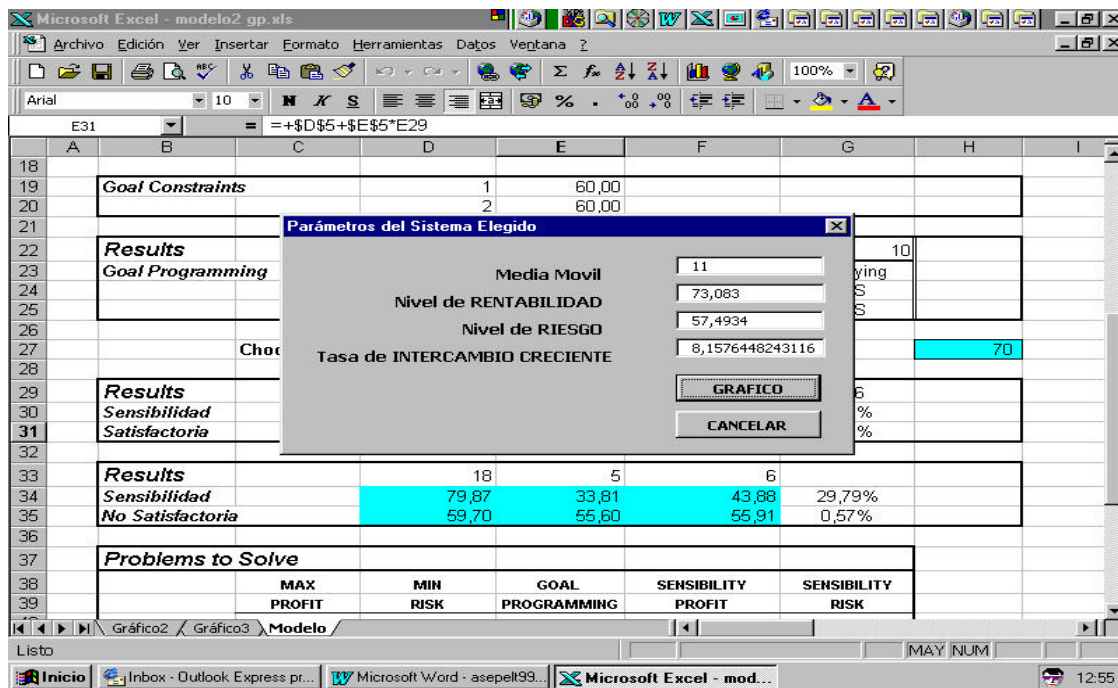


Figura 9. El cuadro de diálogo muestra la solución, los niveles conseguidos, así como la tasa de intercambio entre ambos.

En el mismo cuadro de diálogo que se representa en la gráfica 9, existe la opción de visualizar un gráfico, donde se muestra el conjunto de oportunidades, la solución elegida y la tasa de intercambio entre los objetivos (figura 10).

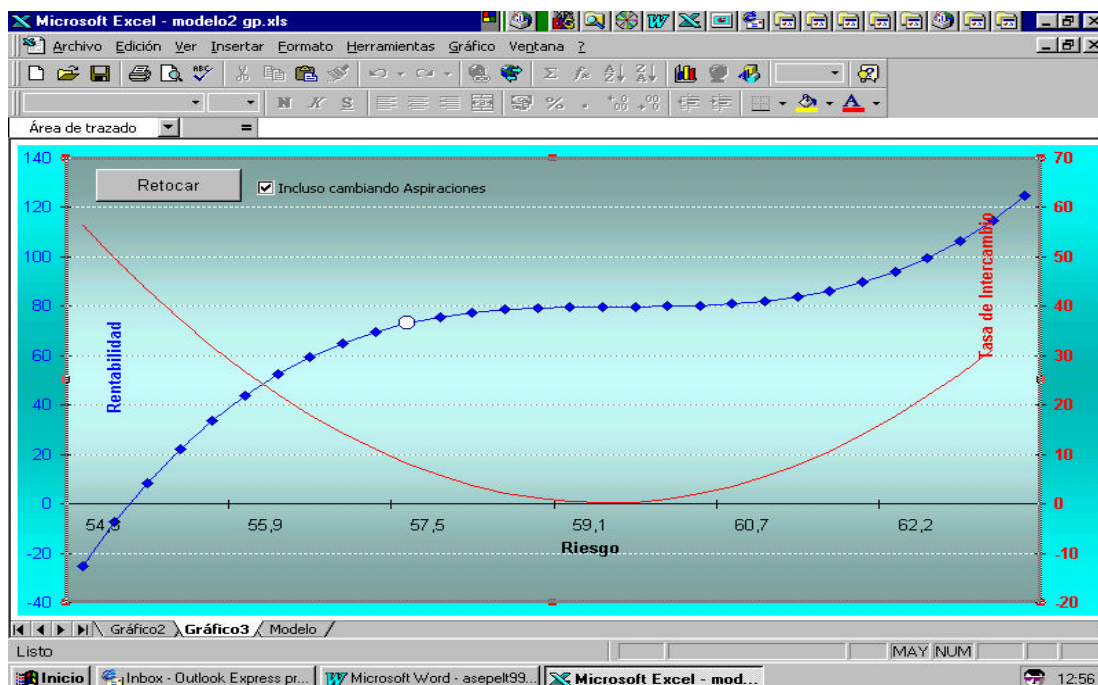


Figura 10. El cuadro de la figura 9 da la opción de visualizar este gráfico, donde se determina el conjunto de oportunidades, elección realizada y la tasa de intercambio.

Debido a que la solución obtenida puede ser una primera tentativa, en el gráfico se da la opción de modificar las elecciones efectuadas, pudiendo elegir entre modificar la última elección, o bien, volver a empezar el proceso, modificando los niveles de aspiración.

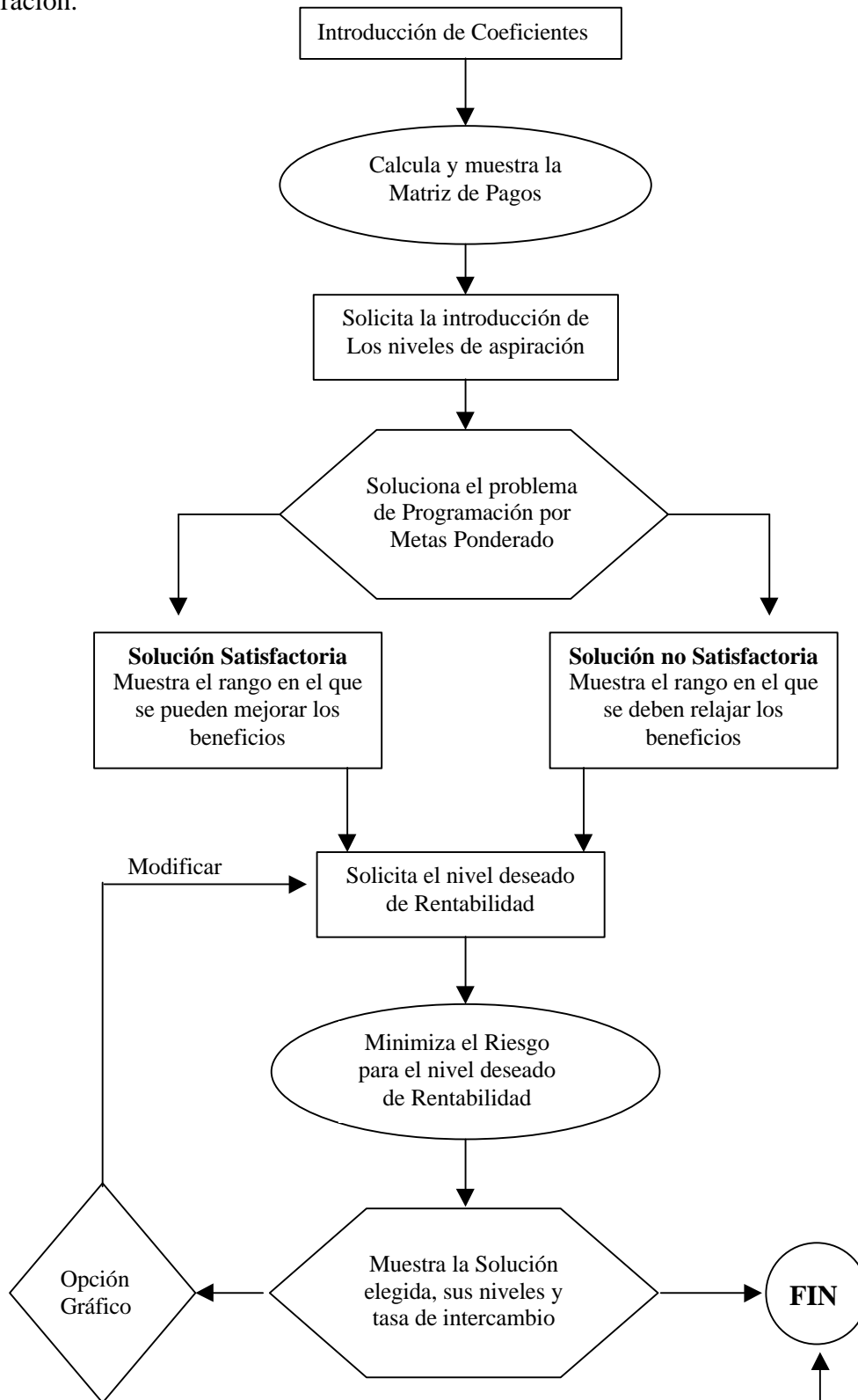


Figura 11.- Organigrama del programa

A modo de resumen del algoritmo planteado, presentamos el organigrama del mismo en la figura 11, donde se recogen cada uno de los pasos posibles en el funcionamiento del programa.

7.- SIMULACIÓN

La simulación se realiza en el periodo comprendido entre el 1 de Febrero de 1999 y el 8 de marzo de 1999, comprendiendo entre ambas fechas exactamente cinco semanas de mercado.

El resultado del análisis realizado en el apartado anterior nos ha indicado que la media móvil que debemos utilizar es de 11 observaciones, para la cual, debemos esperar un porcentaje de beneficios de al menos 73 puntos por encima del buy and hold y un nivel de riesgo de, como máximo, un 57%.

Una vez aplicado el sistema de trading que venimos considerando con una media de once observaciones, las entradas y salidas del mercado propuestas por el mismo, en el periodo considerado son las que aparecen en la figura 12.

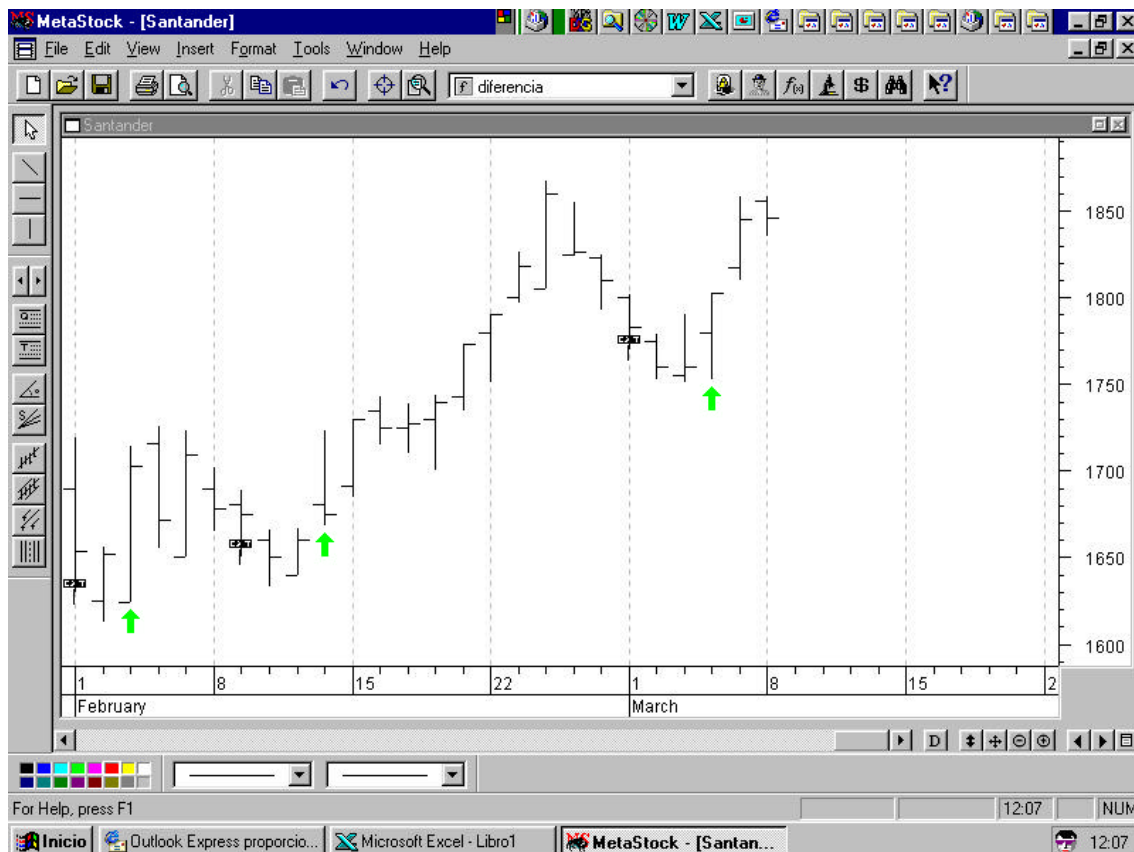


Figura 12. El sistema de trading utilizado nos muestra las propuestas de entrada (flechas) y salida (etiqueta) del mercado, para el periodo considerado.

Esas entradas propuestas por el sistema determinan unos niveles de beneficios y riesgo que son calculados en la tabla 3:

Compra			Venta				DAYS IN
DATE	Value		DATE	Value	P/L		
						1,000.00	
3-feb-99	16,20	1.000,00	9-feb-99	16,75	3,40%	1.033,95	6
12-feb-99	16,75	1.033,95	2-mar-99	17,82	6,39%	1.100,00	18
4-mar-99	17,80	1.100,00	8-mar-99	18,46	3,71%	1.140,79	4
							28

Tabla 3. Nos muestra la situación de la inversión durante el periodo (in or out), así como el beneficio obtenido en cada subperiodo.

Como observamos en la figura 12, el sistema seleccionado supone la realización de tres entradas y dos salidas, lo cual quiere decir que al final del periodo considerado se mantiene la inversión.

Los tres negocios son ganadores y como resultado final de la inversión obtenemos un 14% de rentabilidad, frente al 9% de rentabilidad que hubiéramos obtenido si hubiésemos elegido la estrategia de comprar y mantener.

Compra			Venta			Capital Acumulado	días dentro
IN	Precio	Euros	OUT	Precio	P/L	Euros	
1/02/99	16,90	1.000,00	8/03/99	18,46	9,23%	1.092,31	35

Tabla 4. Resultado de la estrategia Comprar y Mantener

En cuanto al nivel de riesgo soportado, en la columna 8 calculamos los días que hemos estado dentro del mercado, respectivamente, de forma que al final del periodo calculamos que el porcentaje de días dentro ha sido del 80%.

Estos resultados, tanto de rentabilidad como de riesgo, suponen un empeoramiento de los niveles esperados para los mismos. Sin embargo, son resultados altamente satisfactorios, dada las distintas circunstancias del mercado en las que se ha realizado la simulación.

CONCLUSIONES

El método propuesto nos permite invertir de una forma selectiva en el tiempo, de forma que podamos tomar en consideración las preferencias del decisor en cuanto a la rentabilidad esperada y el riesgo que quiere soportar.

Por la naturaleza del sistema de inversión, el decisor puede reducir el nivel de riesgo sistemático o de mercado, una vez que ha seleccionado la cartera y por tanto, ha determinado las acciones y el porcentaje a invertir en cada una de ellas.

Este trabajo forma parte de un estudio más amplio de selección de cartera, en el que basándonos en los indicadores técnicos, intentamos determinar la cartera ideal para el inversor, teniendo en cuenta sus preferencias por la rentabilidad y el riesgo. El siguiente paso en nuestra investigación va encaminado a la búsqueda de los sistemas de trading que mejor representen nuestros dos objetivos, así como la integración de los dos sistemas de selección de cartera.

REFERENCIAS

- Caballero, R., Rey, L., Ruiz, F. (1998). Lexicographic improvement of the target values in convex goal programming. *European Journal of Operational Research*, **107**, 644-655.
- Cabello, J.M., Cano, A., Ruiz, F. (1998). A Goal Programming Approach to Portfolio Selection Using Technical Indicators. *Submitted to European Journal of Operational Research*.
- Lee S.M., Chesser D.L. (1980) Goal Programming for Portfolio Selection. *Journal of Portfolio Management*, 23-25.
- Markowitz H.M. (1959) Portfolio Selection, Efficient Diversification of Investments. Willey , New York.
- Sharpe, W.F. (1963) A Simplified Model for Portfolio Selection: *Management Science*, **9**, 277-293.
- Tamiz M., Hasham R., Jones D.F., Hesni B. Fargher E.K. A Two Staged Goal Programming Model for Portfolio Selection. *Multi-Objective Programming and Goal Programming*. Tamiz(Ed.). 286-299.